



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DISERTASI - MT093350

**KAPAL IKAN KATAMARAN :
TINJAUAN ASPEK KEBUTUHAN ENERGI,
FUNGSI DAN PERFORMA KAPAL YANG
RAMAH LINGKUNGAN**

**PRAMUDYA IMAWAN SANTOSA
NRP. 4112 301 001**

PROMOTOR:

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D

KO-PROMOTOR:

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D

PROGRAM DOKTOR

PROGRAM STUDI TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



DISERTASI - MT093350

**KAPAL IKAN KATAMARAN :
TINJAUAN ASPEK KEBUTUHAN ENERGI,
FUNGSI DAN PERFORMA KAPAL YANG
RAMAH LINGKUNGAN**

PRAMUDYA IMAWAN SANTOSA
NRP. 4112 301 001

PROMOTOR:
Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D
KO-PROMOTOR:
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D

PROGRAM DOKTOR
PROGRAM STUDI TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PERSETUJUAN
UJIAN TERBUKA PROGRAM DOKTOR

Nama Mahasiswa : Pramudya Imawan Santosa

NRP : 4112.301.001

Program Studi : PPS Teknologi Kelautan – FTK ITS

Judul Disertasi :

KAPAL IKAN KATAMARAN : TINJAUAN ASPEK KEBUTUHAN ENERGI,
FUNGSI DAN PERFORMA KAPAL YANG RAMAH LINGKUNGAN

Bersama ini kami selaku Tim PPUKD menyetujui untuk dapat dilaksanakannya ujian
tertutup Program Doktor dari mahasiswa tersebut di atas.

Tim PPUKD :

1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, MSc., PhD (Promotor)
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, MSc., PhD (Ko-Promotor)
3. Dr. I Made Ariana. ST., MT. (Penguji Internal)
4. Dr. Ridho Hantoro. ST., MT (Penguji Internal)
5. Dr. Daeng Paroka. ST. MT. (Penguji Eksternal)


.....

.....

.....

.....

.....



an, Direktur Program Pasca Sarjana

Asisten Direktur

Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng

NIP. 19611021 198603 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Saat ini kapal ikan masih sangat dibutuhkan untuk mendukung dan menopang ketahanan pangan dan industri perikanan di dunia ini. Dalam operasionalnya sebuah kapal ikan harus benar-benar aman karena pada cuaca buruk pun kapal tersebut harus bekerja sehingga persoalan hambatan total, tenaga penggerak, konsumsi bbm, stabilitas dan *seakeeping* menjadi perhatian yang sangat penting. Sementara di sisi lain, aplikasi teknologi hybrid di bidang perkapalan dan transportasi laut adalah salah satu cara untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan pengaruh gas-gas beracun yang dapat mencemari udara.

Tema yang diusulkan pada penelitian Disertasi ini adalah kapal ikan katamaran bertenaga penggerak hybrid dengan tujuan meminimalkan penggunaan energi fosil pada saat operasional melalui konversi energi terbarukan (angin, matahari). Secara prinsip konsep kapal ikan katamaran bertenaga penggerak hybrid ini adalah kapal bergerak akibat gaya dorong layar dan propeller yang bekerja secara bergantian atau bersamaan. Metode yang dipergunakan pada penelitian ini adalah mengembangkan sistem penggerak hybrid melalui perhitungan / simulasi numerik dengan menggunakan data dan hasil eksperimen hambatan model kapal di kolam uji yang dilakukan oleh Utama (2010). Sedangkan pengukuran emisi udara dihitung menggunakan formula Korol dan Latorre (2010). Penelitian ini difokuskan pada evaluasi aspek kebutuhan tenaga penggerak kapal beserta emisi yang ditimbulkan, aspek stabilitas dan *seakeeping* kapal dengan tujuan untuk mencapai performa kapal yang baik dengan tidak mengabaikan fungsinya sebagai kapal ikan.

Hasil evaluasi performa dan fungsi kapal ikan yang didapatkan adalah ada delapan varian konfigurasi kapal ikan katamaran yang dikembangkan mempunyai volume ruang muat lebih besar dari ketentuan badan pangan PBB (FAO). Sedangkan stabilitas

kapal untuk semua konfigurasi tergolong baik dan memenuhi persyaratan stabilitas kapal ikan menurut *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975* dan *HSC annex 7, IMO 2016*. Demikian pula dari aspek *Seakeeping* kapal menunjukkan bahwa nilai *Motion Sickness of Incident (MSI)* atau akselerasi gerakan vertikal *Heave* yang terjadi pada kondisi *beam seas* juga memenuhi ketentuan yang ada.

Hasil analisa dan evaluasi penggunaan energi surya dan angin secara komprehensif pada kapal ikan katamaran tenaga penggerak hybrid yang diusulkan ini menunjukkan adanya perbaikan efisiensi secara keseluruhan sebesar 14 – 50 % pada konsumsi bbm. Hasil ini masih sangat signifikan jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Corredor (2012) mengenai penggunaan energi surya pada motorisasi hybrid kapal-kapal kecil / menengah yaitu sebesar 25 – 30 % dan menurut Latorre (2010) yang meneliti penggunaan biogas yang terbuat dari hasil tangkapan ikan yang rusak (*fish waste*) sebagai energi alternatif pada kapal ikan hasilnya mencapai 10 – 15%.

Kata-kata kunci : kapal ikan, system propulsi, fungsi, stabilitas, seakeeping, emisi.

ABSTRACT

Currently the fishing boats is still urgently needed to support and sustain food security and the fishing industry in the world. In operation a fishing vessel to be completely safe because the bad weather was the ship must work so that the issue of the total resistance, propulsion, fuel consumption, stability and seakeeping become a very important concern. While on the other hand, application of hybrid technology in the field of shipping and maritime transport is one way to reduce the use of fossil fuels and the effect of toxic gases that can pollute the air.

The proposed research theme of this dissertation is a fishing boat catamaran powered hybrid drive with the goal of minimizing the use of fossil energy at the time of conversion operations through renewable energy (wind, solar). In principle the concept of a fishing boat catamaran powered hybrid drive is propelled vessels due to the thrust of the screen and propeller working alternately or simultaneously. The method used in this research is to develop a hybrid drive system through a calculation / numerical simulation using data and experimental results in an obstacle ship model tests conducted by Utama (2010). While the measurement of air emissions are calculated using a formula korol and Latorre (2010). This study focused on evaluating aspects of the needs of propulsion boats and emissions generated, aspects of stability and seakeeping vessels with the aim of achieving good ship performance without limiting its function as a fishing boat.

The results of the evaluation of performance and function of fishing vessels that are obtained are eight variants of the configuration of catamaran fishing boats that have developed a greater load space volume of the provisions of the UN food agency (FAO). While the ship's stability for all configurations are classified as good and meets the requirements of the stability of fishing vessels by *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 and HSC annex 7, IMO, 2016*. Similarly on ship seakeeping

aspects indicate that the value of *Motion Sickness of Incident (MSI)* or acceleration heave vertical motion that occurs in *beam seas* also fulfill the conditions of the existing provisions.

The results of the analysis and evaluation of the use of solar and wind energy comprehensively on a fishing boat catamaran proposed hybrid propulsion showed an improvement in overall efficiency of 14-50 % in fuel consumption. This result is very significant when compared with the results of research conducted by the Corredor (2012) on the use of solar energy in motorization hybrid ships small / medium in the amount of 25-30% and, according to Latorre (2010), which examines the use of biogas made from the damaged fish catch (fish waste) as an alternative energy on fishing vessels the result reached 10-15%.

Key words: fishing vessel, the propulsion system, functionality, stability, seakeeping, emissions.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Alloh yang maha pengasih lagi maha penyayang dan segala puji syukur kami panjatkan ke hadirat Alloh swt atas limpahan rahmat dan hidayah-NYA sehingga Disertasi ini dapat terselesaikan.

Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar akademis DOKTOR (Dr.) di Program Studi Teknik Kelautan – Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Disertasi dengan judul ” Kapal Ikan Katamaran: Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan Performa Kapal yang Ramah Lingkungan” ini masih jauh dari sempurna, hal tersebut semata-mata karena keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu berbagai masukan yang berharga dari semua pihak sangat kami harapkan demi perbaikan selanjutnya.

Ucapan terima kasih dari lubuk hati yang paling dalam kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan ini, baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulisan Disertasi ini dapat rampung.

Spesial ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada:

1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D selaku Promotor, Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Ko-Promotor dengan tulus dan penuh kasih sayang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian dan menyusun Disertasi ini.
2. Dr. I Made Ariana. ST., MT., Dr. Ridho Hantoro. ST., MT., selaku penguji internal dan Dr. Daeng Paroka. ST. MT selaku Tim Penguji eksternal, yang telah memberikan saran masukan bagi perbaikan dan penyempurnaan Disertasi melalui ujian ini.
3. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D, selaku Direktur Program Pascasarjana, ITS, beserta Staf, yang telah mendukung kelancaran program studi.

4. Prof. Ir. DM Rosyied, Ph.D, selaku Dekan dan Pengelolah Program Pascasarjana Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, beserta staf, yang telah membantu berbagai kelancaran dukungan pelaksanaan program studi.
5. Rekan-rekan sejawat yang dengan ikhlas secara terus menerus memberikan dorongan moril dan do'a, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Disertasi ini.

Akhir kata hasil dari penelitian Disertasi ini diharapkan mempunyai kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan, sehingga bagi mereka yang berkepentingan bisa memanfaatkan sesuai dengan misinya.

Penulis.

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

ARTIKEL JURNAL INTERNASIONAL:

- 2014, P.I. Santosa, I.K.A.P Utama, W.D Aryawan, RM Chao, M. Nasir, *An Investigation into Hybrid Catamaran Fishing Vessel: Combination of Diesel Engine, Sails and Solar Panels*, IPTEK, Journal of Proceeding Series, Vol. 1, 2014 (eISSN: 2354-6026)
- 2016, P.I. Santosa, I.K.A.P Utama and W.D Aryawan, *Power Estimation of HCFV Based on Voyage Profile*, International Journal of Science and Research (IJSR), ISSN (Online): 2319-7064, Index Copernicus Value (2013): 6.14 | Impact Factor (2015): 6.391

ARTIKEL KONFERENSI INTERNASIONAL:

- 2012, P.I. Santosa, I.K.A.P Utama, *Preliminary study Hybrid Catamaran Fishing Vessel*, Paper Reference ID: UMT/FMSM/MARTEC/MTP-12, International Conference on Marine Technology, UMT-Kuala Terengganu, Malaysia
- 2013, P.I. Santosa, I.K.A.P Utama, *Techno-Economic Review of Hybrid / Electric Catamaran Fishing Vessel*, International Conference Quality In Research (QIR) 2013 UI-Yogyakarta, Indonesia
- 2013, I.K.A.P Utama, P.I. Santosa, R-M Chao, A Nasiruddin, *New Concept of Solar-Powered Catamaran Fishing Vessel*, International Conference APAC, Unhas-Denpasar, Indonesia
- 2014, P I Santosa, I K A P Utama and T W Pribadi, *Stability Analysis of Hybrid Catamaran Fishing Vessel*, International Seminar Stability Workshop (ISSW) 2014 - UTM Space Kuala Lumpur, Malaysia
- 2014, P.I. Santosa, I.K.A.P Utama, *A Proposal to Estimate EEDI for Fishing Vessel under 400 GT*, 9TH International Conference on Marine Technology 24 – 26 October 2014, Institute of Technology Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia.

2015, PI Santosa, IKAP Utama and W D Aryawan, *A Study into the development of more energy efficient and less polluted Fishing Vessel*, International Conference Science and Engineering (*Icose*), Universitas Riau, Sumatra, Indonesia

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.1.1 Roadmap penelitian terdahulu	2
1.1.2 Aplikasi penggunaan energi terbarukan di bidang perkapalan	5
1.1.3 Kapal ramah lingkungan yang pernah dibangun di dunia	8
1.2 Rumusan Masalah	12
1.3 Tujuan Penelitian	12
1.4 Kontribusi Penelitian	13
1.5 Batasan Masalah	13
1.6 Hipotesis	13
1.7 Aspek Keterbaruan	13
1.8 Sistematika Penulisan	14
BAB 2 DASAR TEORI	15
2.1 Kapal ikan	15
2.2 Teori Menghitung Penggerak Kapal	21
2.2.1 Teori Pergerakan Kapal (<i>Ship Moving Theory</i>)	21
2.2.2 Hambatan Katamaran (<i>Catamaran Resistance</i>)	22

2.2.3. Gaya Dorong (<i>thrust, T</i>)	24
2.2.4. Tenaga Penggerak (<i>powering</i>)	25
2.2.4.1 Mesin diesel konvensional	25
2.2.4.2 Sel Surya	26
2.2.4.3 Layar	27
1. Gaya-gaya yang bekerja pada kapal layar	30
2. Gaya Aerodinamika yang bekerja pada layar	31
3. <i>Center of Effort</i> (CE)	36
4. Distribusi Tekanan	37
5. Penentuan Luas Layar	38
2.2.4.4 Tenaga Penggerak Kombinasi	41
2.3 Teori Kombinasi dan Regresi Linier	41
2.3.1 Kombinasi	41
2.3.2 Regresi Linier	41
2.4 Teori Stabilitas Kapal	47
2.4.1 Stabilitas kapal	47
2.4.2 Persyaratan stabilitas	52
2.4.3 Periode oleng (T)	55
2.5 Teori Gerak Kapal	55
2.5.1 Gerak <i>heaving</i>	57
2.5.2 Gerak <i>pitching</i>	58
2.5.3 Gerak <i>rolling</i>	59
2.6 Teori perhitungan Polusi Udara	61
2.6.1 Berdasarkan Korol dan Lattore, (2010)	61
2.6.2 Berdasarkan regulasi IMO (2012)	62
2.6.3 Berdasarkan Rules GL (2013)	62
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	65
3.1 Metode Penelitian	65
3.2 Diagram alir	75

BAB 4 PLATFORM PERANCANGAN KAPAL IKAN	77
4.1 Rencana Garis	78
4.2 Hidrostatik	78
4.3 Konfigurasi Kapal ikan yang diusulkan	81
4.4 Layout Kapal ikan	82
4.5 Persyaratan dan Kelengkapan yang harus dipunyai Kapal ikan	83
4.6 Berat kapal kosong (LWT) dan Bobot mati (DWT)	84
4.7 Gross Tonnage (GT) Kapal	89
4.8 Hambatan dan Gaya dorong Kapal	90
4.8.1 Hambatan total kapal (R_T)	90
4.8.2 Kebutuhan Gaya Dorong/ <i>Thrust requirement</i> (T_{req})	90
4.8.3 Suplai Gaya Dorong	90
BAB 5 KONFIGURASI SISTEM PROPULSI	95
5.1 Konfigurasi 1	96
• Pemeriksaan displasemen	96
• Pemeriksaan stabilitas	97
• Pemeriksaan Seakeeping	99
5.2 Konfigurasi 2	108
• Kendala	109
• Pemeriksaan displasemen	109
• Pemeriksaan stabilitas	110
• Pemeriksaan Seakeeping	113
5.3 Konfigurasi 3	116
• Pemeriksaan displasemen	116
• Pemeriksaan stabilitas	117
• Stabilitas kapal layar	120
• Analisa perhitungan tekanan angin pada bidang layar	120
• Momen angin awal	122

• Analisa momen angin waktu oleng	124
• Pemeriksaan Seakeeping	129
5.4 Konfigurasi 4	132
• Pemeriksaan displasemen	132
• Pemeriksaan stabilitas	133
• Pemeriksaan Seakeeping	136
5.5 Konfigurasi 5	139
• Pemeriksaan displasemen	139
• Pemeriksaan stabilitas	140
• Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin	143
• Pemeriksaan Seakeeping	145
5.6 Konfigurasi 6	148
• Pemeriksaan displasemen	148
• Pemeriksaan Stabilitas	149
• Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin	152
• Pemeriksaan Seakeeping	153
5.7 Konfigurasi 7	156
• Pemeriksaan displasemen	156
• Pemeriksaan Stabilitas	157
• Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin	160
• Pemeriksaan Seakeeping	161
5.8 Konfigurasi 8	164
• Pemeriksaan displasemen	165
• Pemeriksaan Stabilitas	165
• Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin	168
• Pemeriksaan Seakeeping	170
5.9 Resume	171

BAB 6 PEMBAHASAN	181
6.1. Kapal Ikan	181
6.2 Hubungan antara gaya dorong propeller (T_p) dan gaya dorong layar (T_s) dengan kecepatan kapal (V_s) dan kecepatan angin (V_a)	185
6.3 Tinjauan Aspek Fungsi Kapal Ikan	190
6.3.1 Kecepatan Kapal	190
6.3.2 Ruang Muat Ikan	195
6.4 Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi	200
6.4.1 Energi Fosil	207
6.4.2 Energi Angin	209
6.4.3 Energi Surya	210
6.5 Tinjauan Aspek Ramah Lingkungan	211
BAB 7 KESIMPULAN	215
DAFTAR PUSTAKA	217
LAMPIRAN	225

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. kapal ikan berlambung tunggal (Setyawan, dkk, 2011)	4
Gambar 1.2. kapal ikan berlambung katamaran (Setyawan, dkk, 2011)	4
Gambar 1.3. Tipe DLR / ESA	6
Gambar 1.4. Tipe Encounter	6
Gambar 1.5. Tipe NASA JPL	6
Gambar 1.6. Aplikasi Solar Sail di kapal (Nasa, 2008)	7
Gambar 1.7. Kapal wisata katamaran Foscat32 hybrid (Foscat32, 2015)	8
Gambar 1.8. Kapal Greenpeace Rainbow Warriors (greenpeace, 2015)	9
Gambar 1.9. Kapal penumpang Hybrid (Newyork hornblower, 2015)	10
Gambar 1.10. Kapal ikan dg <i>battery-driven electric engine</i> , (Eldby, 2014)	10
Gambar 1.11. Konsep Kapal Ikan hybrid	11
Gambar 2.1. Tempat penangkapan ikandi dunia (Pinkster dan Lamb, 2004)	15
Gambar 2.2. Kapal ikan konvensional L 10-50 m, (Pinkster dan Lamb, 2004)	16
Gambar 2.3. Konsep konfigurasi system penggerak hybrid	20
Gambar 2.4. Konsep konversi energi kapal	21
Gambar 2.5. <i>Body plans</i> untuk model C2, C3, C4 dan C5 (Insel & Molland, 1992)	23
Gambar 12. Jenis-jenis layar (Yoshimura, 2002)	28
Gambar 13. Chor dan Span pada layar	29
Gambar 14. Geometri Layar (Marchaj, 1982)	30
Gambar 2.9. Aliran Fluida di sekitar layar (Marchaj, 1982)	32
Gambar 15. (a) Total force, (b) Sirkulasi yang bekerja pada layar	33
Gambar 2.11. Gaya-gaya yang bekerja pada layar	34
Gambar 2.12. Distribusi Tekanan Pada Aerofoil	38
Gambar 2.13. Grafik hubungan SR dengan LWL	40
Gambar 2.14. Titik-titik penting stabilitas kapal	47
Gambar 2.15. Gaya pada kapal katamaran ketika sedang berlayar	48

Gambar 2.16. visualisasi momen heeling dan momen pengembali	51
Gambar 2.17. Pertambahan sudut heeling kapal	51
Gambar 2.18. Kriteria cuaca (Intact Stability Code, 2002)	53
Gambar 2.19. Kurva stabilitas statis, (Hind, 1982)	54
Gambar 2.20. Ilustrasi respon gerak	55
Gambar 2.21. Parameter gelombang pada kapal katamaran	56
Gambar 2.22. Gerakan Dinamis Kapal dengan 6 Derajat Kebebasan	56
Gambar 2.23. Sketsa dari Gerak Heave	57
Gambar 2.24. Sketsa dari gerak <i>pitch</i>	58
Gambar 2.25. Gaya dan Momen dari Gerak <i>Rolling</i> kapal katamaran	59
Gambar 3.1. Property dari <i>Ansys Aqwa</i>	68
Gambar 3.2 Model kapal yang telah di <i>Meshing</i>	72
Gambar 3.3. <i>Response Amplitude Operator</i> (RAO)	74
Gambar 3.4. Pressure dan Motions	74
Gambar 3.5. Diagram alir penelitian	75
Gambar 4.1. Rencana garis kapal ikan katamaran	79
Gambar 4.2. Kurva hidrostatik	80
Gambar 4.3. Tampak depan	82
Gambar 4.4. Tampak samping	82
Gambar 4.5. Tampak atas	83
Gambar 4.6. Spesifikasi mesin	85
Gambar 4.7. Spesifikasi Panel surya	86
Gambar 4.8. Grafik hubungan SR dengan LWL	87
Gambar 4.9. Hubungan antara rpm dengan power	92
Gambar 4.10 Hubungan antara <i>Power</i> dengan <i>rpm</i> dan kec. kapal <i>Vs</i>	93
Gambar 4.11 Hubungan antara <i>rpm</i> mesin dan Kec. kapal <i>Vs</i>	93
Gambar 5.1. Konfigurasi mesin	96
Gambar 5.2. Kurva stabilitas statis	98
Gambar 5.3. Gerakan <i>Heave</i>	101

Gambar 5.4. Gerakan <i>Pitch</i>	101
Gambar 5.5. Hubungan antara <i>Heave Amplitude – Enc. Wave frequency</i>	102
Gambar 5.6. Hubungan antara <i>Roll Amplitude – Enc. Wave frequency</i>	103
Gambar 5.7. Hubungan antara <i>Pitch Amplitude – Enc. Wave frequency</i>	104
Gambar 5.8. Hubungan antara <i>Heave acceleration - Enc. Wave frequency</i>	106
Gambar 5.9. Hubungan antara <i>Roll acceleration - Enc. Wave frequency</i>	106
Gambar 5.10. Hubungan antara <i>Pitch acceleration - Enc. Wave frequency</i>	107
Gambar 5.11. Konfigurasi Panel Surya	108
Gambar 5.12. Kurva stabilitas statis konfigurasi 2	111
Gambar 5.13. Hubungan antara <i>Heave acceleration - Enc. Wave frequency</i>	113
Gambar 5.14. Hubungan antara <i>Roll acceleration - Enc. Wave frequency</i>	114
Gambar 5.15. Hubungan antara <i>Pitch acceleration - Enc. Wave frequency</i>	114
Gambar 5.16. Konfigurasi layar	116
Gambar 5.17. Kurva stabilitas statis konfigurasi 3	118
Gambar 5.18. Keseimbangan gaya kapal layar katamaran	120
Gambar 5.19. Keseimbangan tekanan pipa kapiler	121
Gambar 5.20. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm	127
Gambar 5.21. Hubungan antara heave acceleration - Enc. Wave frequency	129
Gambar 5.22. Hubungan antara roll acceleration - Enc. Wave frequency	130
Gambar 5.23. Hubungan antara pitch acceleration - Enc. Wave frequency	130
Gambar 5.24. Konfigurasi Mesin-Panel Surya	132
Gambar 5.25. Kurva stabilitas statis konfigurasi mesin-panel surya	134
Gambar 5.26. Hubungan antara heave acceleration - Enc. Wave frequency	136
Gambar 5.27. Hubungan antara roll acceleration - Enc. Wave frequency	137
Gambar 5.28. Hubungan antara pitch acceleration - Enc. Wave frequency	137
Gambar 5.29. Konfigurasi mesin-layar	139
Gambar 5.30. Kurva stabilitas statis	141
Gambar 5.31. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm	143
Gambar 5.32. Hubungan antara heave acceleration - Enc. Wave frequency	145

Gambar 5.33. Hubungan antara <i>roll acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	146
Gambar 5.34. Hubungan antara <i>pitch acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	146
Gambar 5.35. Konfigurasi panel surya-layar	148
Gambar 5.36. Kurva stabilitas statis konfigurasi panel surya-layar	150
Gambar 5.37. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm	152
Gambar 5.38. Hubungan antara <i>heave acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	153
Gambar 5.39. Hubungan antara <i>roll acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	154
Gambar 5.40. Hubungan antara <i>pitch acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	154
Gambar 5.41. Konfigurasi mesin-panel surya-layar	156
Gambar 5.42. Kurva stabilitas statis konfigurasi mesin-panel surya-layar	158
Gambar 5.43. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm	160
Gambar 5.44. Hubungan antara <i>heave acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	161
Gambar 5.45. Hubungan antara <i>roll acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	162
Gambar 5.46. Hubungan antara <i>pitch acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	162
Gambar 5.47. Konfigurasi Mesin-Panel surya-Layar surya	164
Gambar 5.48. Kurva stabilitas konfigurasi mesin-panel surya-layar surya	166
Gambar 5.49. Hubungan antara kurva righting arm (R_a) dan heeling arm (H_a)	169
Gambar 5.50. Hubungan antara <i>heave acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	170
Gambar 5.51. Hubungan antara <i>roll acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	171
Gambar 5.52. Hubungan antara <i>pitch acceleration</i> - <i>Enc. Wave frequency</i>	171
Gambar 5.53. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat LWT dan DWT	174
Gambar 5.54. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat penggerak	175
Gambar 5.55. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat penggerak	176
Gambar 5.56. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan - Gaya dorong	177
Gambar 5.57. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan - Tenaga Penggerak	178
Gambar 6.1. Kapal Ikan hybrid	182
Gambar 6.2. Hubungan antara V_s – T_p	185
Gambar 6.3. Hubungan antara T_s – V_a	186
Gambar 6.4. Hubungan antara V_s – V_a	189

Gambar 6.5. Hubungan antara konfigurasi kapal ikan- Muatan dan BBM	195
Gambar 6.6. Hubungan antara konfigurasi kapal ikan dan Penghasilan/trip	196
Gambar 6.7. Hubungan antara $V_s - RT$	201
Gambar 6.8. Hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Gaya dorong T	202
Gambar 6.9. Hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Tenaga penggerak P	203
Gambar 6.10. Hubungan antara Kecepatan angin V_a – Gaya dorong layar T_s	204
Gambar 6.11. Hubungan antara Gaya dorong kapal $T - V_s$ dan V_a	204
Gambar 6.12. Hubungan antara $V_s - FC - P$	207
Gambar 6.13. Hubungan antara $V_s - FC - T$	207
Gambar 6.14. Hubungan antara $V_s - FC - P$	208
Gambar 6.15. Hubungan antara $V_s - V_a - T$	209
Gambar 6.16. Hubungan antara $V_s - EI - RT$	211
Gambar 6.17. Hubungan antara $V_s - EI - T$	212
Gambar 6.18. Hubungan antara $V_s - EI - P$	212
Gambar 6.19. Hubungan antara $V_s - EI - RT$	213

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Hubungan antara L kapal dengan profil pelayaran (<i>Voyage profile</i>)	17
Tabel 2.2. <i>Form factor</i> ($1+k$) oleh Insel dan Molland, 1992	23
Tabel 2.3 Data perhitungan regresi linier	43
Tabel 2.4. <i>The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules</i> 1975, (Hind, 1982)	54
Tabel 2.5. Periode oleng, (Hind, 1982)	55
Tabel 2.6. Nilai koefisien untuk menghitung required EEDI (GL 2013)	63
Tabel 4.1. Ukuran Utama	77
Tabel 4.2. Data hasil eksperimen (Utama, 2010)	77
Tabel 4.3. Data hasil hasil perhitungan Hidrostatik	80
Tabel 4.4. Hasil kombinasi konfigurasi	81
Tabel 4.5 Data <i>rpm</i> , <i>power</i> dan <i>Vs</i>	92
Tabel 5.1. Resume stabilitas K1	97
Tabel 5.2. Persyaratan stab. kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	99
Tabel 5.3. Peryaratan seakeeping menurut (Pinkster, 2004)	105
Tabel 5.4. Resume stabilitas K2	110
Tabel 5.5. Persyaratan stab. kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	112
Tabel 5.6. Resume stabilitas K3	117
Tabel 5.7. Persyaratan stab. kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	119
Tabel 5.8. Hasil perhitungan momen angin awal (M_{a0})	123
Tabel 5.9. Hasil perhitungan momen angin (M_a)	125
Tabel 5.10. Hasil perhitungan lengan heeling	126
Tabel 5.11. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm	126

Tabel 5.12. Resume stabilitas K4	133
Tabel 5.13. Persyaratan stab.kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	135
Tabel 5.14. Resume stabilitas K5	140
Tabel 5.15 Persyaratan stab. kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	142
Tabel 5.16. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm	143
Tabel 5.17. Resume stabilitas K6	149
Tabel 5.18. Persyaratan stab.kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	151
Tabel 5.19. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm	152
Tabel 5.20 Resume stabilitas K7	157
Tabel 5.21. Persyaratan stab. kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	159
Tabel 5.22. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm	160
Tabel 5.23. Resume stabilitas K8	165
Tabel 5.24. Persyaratan stab. kapal ikan menurut Rules 1975 & Annex 7 2016	167
Tabel 5.25. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm	168
Tabel 5.26 Data komponen LWT	173
Tabel 5.27. Data komponen DWT	173
Tabel 5.28. Data gaya dorong	176
Tabel 5.29. Data properti Tenaga penggerak	177
Tabel 6.1. Data hasil perhitungan T_{req} , T_p dan T_s	184
Tabel 6.2. Data hasil perhitungan V_s , T_p , V_a dan T_s	188
Tabel 6.3. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada V_s 3 knots	190
Tabel 6.4. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada V_s 9.8 knots	191

Tabel 6.5. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 7 knots	192
Tabel 6.6. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 9.8 knots	193
Tabel 6.7. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 3 knots	194
Tabel 6.8. Estimasi berat K1	198
Tabel 6.9. Data hasil perhitungan kesetaraan nilai ekonomis	205
Tabel 6.10. Data hasil perhitungan kesetaraan nilai ekonomis	206
Tabel 6.11. Data properti Tenaga Penggerak	213
Tabel 7.1 Data hasil perhitungan P , FC , EI	215

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Berdasarkan data dari badan pangan PBB (FAO), saat ini terdapat setidaknya empat juta kapal ikan komersil di dunia. Sekitar 1.3 juta merupakan kapal motor bergeladak dan 40 ribu diantaranya mempunyai bobot 100 ton. Sekitar dua per tiga (1.8 juta) kapal ikan tersebut tanpa geladak merupakan perahu penangkap ikan tradisional dengan berbagai tipe, digerakkan dengan layar dan dayung (FAO, 2007). Misi dari sebuah kapal ikan adalah melakukan penangkapan ikan dari laut untuk mendapatkan ikan yang memenuhi kualitas dengan cara-cara yang sesuai dan mengantar ikan tersebut ke darat atau ke kapal lain untuk proses selanjutnya. Saat ini, hasil tangkapan kapal ikan tersebut menyuplai kebutuhan pangan sehari-hari dan menopang ketahanan pangan bagi berjuta-juta manusia di dunia ini.

Dari aktifitas penangkapan ikan tersebut berdampak pada adanya kenaikan tingkat polusi udara (seperti: CO₂, SO₂ and NO_x) di atmosfer terutama pada kapal ikan yang menggunakan mesin diesel berbahan bakar minyak fosil, seperti yang dilaporkan oleh Korol dan Latorre (2010). Dampak yang diberikan dari aktifitas tersebut merupakan salah satu permasalahan di dunia yang sangat penting untuk dicarikan solusinya sehingga kapal-kapal ikan yang beroperasi di dunia ini menjadi kapal ikan yang ramah lingkungan. Secara umum, operasional dari sebuah kapal ikan senantiasa dikaitkan dengan persoalan ekonomi dan lingkungan. Faktor ekonomi adalah biaya bahan bakar, sedangkan mengenai faktor lingkungan adalah berkaitan dengan tingkat polusi yang dihasilkan.

Persoalan ekonomi dan kuatnya tekanan lingkungan memaksa perancang dan pemilik kapal untuk menciptakan kapal yang lebih efisien sehingga meminimalkan penggunaan tenaga penggerak kapal. Pengurangan besarnya tenaga penggerak kapal (dan kebutuhan BBM) dapat dipenuhi sejak tahap desain kapal yaitu dengan

menciptakan desain lambung dan sistem propulsi yang lebih efisien serta aktivitas operasional kapal termasuk pengoperasian kapal dalam kondisi trim, perubahan rute dan pengurangan kecepatan kapal (Utama dan Molland, 2012).

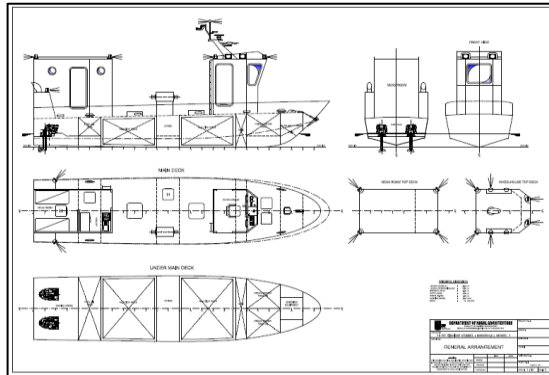
1.1.1 Roadmap penelitian terdahulu

Sejumlah penelitian-penelitian dalam usaha untuk menciptakan kapal yang efisien dan hemat BBM tersebut telah banyak dilakukan, a.l:

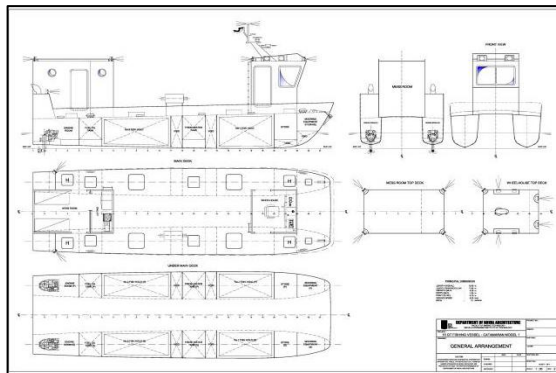
- Dalam kurun waktu tiga puluh enam tahun enam bulan terakhir terdapat peningkatan yang pesat akan kebutuhan kapal-kapal berbadan banyak (*multi-hulls*) untuk aplikasi kapal penumpang (*ferries*), sarana olahraga (*sporting craft*) dan kapal riset oseanografi (*oceanographic research vessels*) serta kapal penangkap ikan (*trawlers*) (Utama, 2008).
- Kelebihan mendasar dari kapal-kapal jenis ini dibandingkan kapal-kapal berbadan tunggal (*monohulls*) adalah tata letak ruang akomodasi yang lebih menarik, adanya peningkatan stabilitas melintang dan dalam sejumlah kasus mampu mengurangi kapasitas tenaga penggerak kapal untuk mencapai kecepatan dinas tertentu (Turner dan Taplin, 1968; Insel dan Molland, 1992; Utama, 1999).
- Berbagai bentuk kapal kemudian dikembangkan untuk memenuhi kriteria desain kapal di atas maka konsep kapal katamaran (*multi-hulls*) yang paling banyak dipilih dan mendapatkan perhatian karena sejumlah kelebihanannya antara lain memiliki luasan geladak yang besar dan stabilitas melintang yang lebih baik dibandingkan kapal berbadan tunggal (Insel dan Molland, 1992; Utama, 1999).
- Perhitungan tenaga penggerak yang dibutuhkan oleh kapal-kapal katamaran memerlukan penyelidikan karakteristik hambatan secara menyeluruh untuk memperoleh desain kapal yang paling optimum (Turner dan Taplin, 1968; Pien, 1976; Liu dan Wang, 1979; Miyazawa 1979; Insel dan Molland 1992; Utama, 1999). Hambatan katamaran dapat memberikan fenomena yang kompleks bagi

perancang kapal terutama dengan adanya fenomena interaksi di antara lambung kapal pembentuk katamaran. Karena itu sudah menjadi kebutuhan mendasar untuk mendapatkan pembagian dan pemahaman komponen hambatan dan stabilitas (*seakeeping*) kapal yang benar untuk memperoleh hasil perhitungan yang tepat berdasarkan transformasi skala dari model kepada kapal sesungguhnya. Kinerja *seakeeping* kapal katamaran di atas gelombang merupakan fenomena yang menarik untuk dikaji, dengan mempertimbangkan adanya jarak antara lambung, yang memberikan efek dan kontribusi yang baik dari aspek stabilitasnya.

- Berbagai penelitian untuk memperbaiki desain dan bentuk lambung kapal (monohull dan multihulls) telah dikembangkan antara lain dapat dilihat di dalam Utama (1999, 2006) Utama dan Molland (2001) serta Utama dkk (2007a, 2007b).
- Utama dkk (2007a) menegaskan bahwa moda katamaran merupakan primadona kapal penumpang cepat terutama karena keunggulannya di bidang stabilitas melintang, keleluasaan luasan geladak dan kualitas *seakeeping* yang cukup baik terutama pada perairan tenang (sea state 1-3).
- Penelitian kemudian dilanjutkan dengan mengembangkan aplikasi bentuk-bentuk kapal lambung tunggal, katamaran dan trimaran untuk kapal penumpang yang melayani jalur sungai dan pantai (Murdijanto dkk, 2010) dan aplikasi bentuk lambung tunggal dan katamaran untuk kapal ikan (Utama dkk, 2010). Hasil-hasil yang dicapai memperlihatkan bahwa kapal berlambung banyak (katamaran dan trimaran) mampu menghemat pemakaian BBM dan menghasilkan luasan geladak yang lebih besar sehingga mampu mengangkut penumpang yang lebih banyak.
- Aplikasi bentuk katamaran untuk kapal ikan (Setyawan dkk, 2011) juga memperlihatkan keunggulan moda kapal ini karena selain menghasilkan luasan geladak yang lebih besar (111 m^2) sehingga mampu menampung hasil tangkapan ikan yang lebih banyak, kapal ikan katamaran juga lebih stabil dibandingkan kapal ikan berlambung tunggal (40 m^2), seperti diperlihatkan pada Gambar 1.1 dan 1.2.



Gambar 1.1. kapal ikan berlambung tunggal (Setyawan, dkk, 2011)



Gambar 1.2. kapal ikan berlambung katamaran (Setyawan, dkk, 2011)

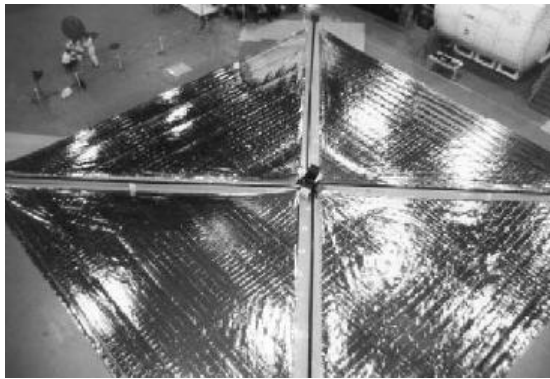
- Eksplorasi lebih jauh kemudian dikembangkan oleh Utama dkk (2012) dan Jamaluddin dkk (2012) untuk mendapatkan bentuk desain lambung dan konfigurasi susunan kapal katamaran yang paling efisien. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa bentuk-bentuk lambung yang asimetris dan disusun tidak sejajar (*staggered*) mampu menghasilkan hambatan kapal yang lebih kecil sehingga berpotensi untuk mengurangi besarnya motor induk kapal dan selanjutnya mengurangi pemakaian BBM.

1.1.2 Aplikasi penggunaan energi terbarukan di bidang perkapalan

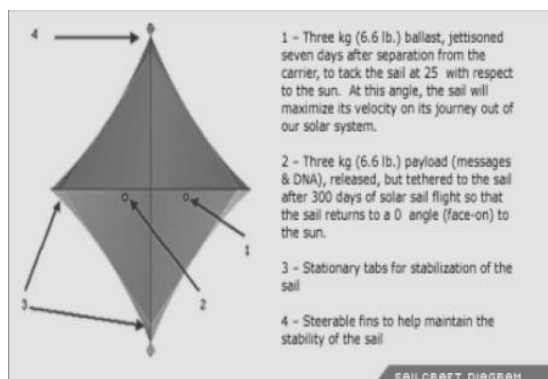
Penelitian dan aplikasi penggunaan energi terbarukan di bidang perkapalan, a.l:

- Aplikasi penggunaan biogas pada kapal ikan (Latorre dkk, 2010) dari USA, dalam penelitiannya telah mengembangkan penggunaan Biogas yang terbuat dari hasil tangkapan yang rusak (*fish waste*) sebagai energy alternatif untuk bahan bakar mesin diesel dengan tujuan untuk mengurangi gas karbon, hasilnya mencapai 10 – 15% pengurangan tentunya dengan memodifikasi mesin diesel kapal ikan tersebut.
- Penelitian dan aplikasi penggunaan tenaga surya untuk mendukung potensi system hybrid yang dilengkapi dengan motor magnit permanen untuk memperbaiki sistem propulsi kapal ikan jenis longliner (Fernández dkk, 2010), hasilnya menunjukkan adanya perbaikan efisiensi dalam penggunaan energi penggerak kapal.
- Analisa penggunaan energi surya secara komprehensif pada motorisasi hybrid kapal-kapal kecil / menengah telah dilakukan oleh (Corredor, 2012), hasilnya menunjukkan adanya perbaikan efisiensi secara keseluruhan sebesar 25 – 30 % pada performa mesin.
- Sedangkan Zhixiong dkk, (2012), telah melakukan studi simulasi pada model kapal berpenggerak elektrik yang dilengkapi dengan motor magnit sinkron permanen tanpa sensor, hasilnya menunjukkan system control yang diusulkan dapat bekerja stabil pada berbagai kondisi operasional dan handal pada berbagai variasi kecepatan kapal. Simulasi dilakukan dengan Matlab / Simulink.
- Sementara Chao dkk, (2013), telah mensimulasikan performa panel PV dengan mempertimbangkan sebagian panel pada kondisi remang (terbayang), hasilnya menunjukkan bahwa panel PV masih dapat bekerja pada trek titik daya maksimum dengan menggunakan metode Particle Swarm Optimization (PSO). Simulasi dilakukan pada *moving vehicle* dan ini merupakan suatu terobosan teknologi panel surya yang dapat diaplikasikan pada kapal.
- Sejak tahun 2002 penelitian mengenai teknologi penggunaan gabungan tenaga angin dan surya dalam bentuk Layar Surya (*Solar sail*) telah dikembangkan di

USA, (Herbeck dkk, 2002). *Solar sail* terbuat dari bahan *thin Mylar* atau *Kapton films* dengan ketebalan 7.6 mm dan mempunyai density luas (pendefinisian dari berat material dibagi dengan luas material) sekitar 11 g/m². Layar surya (*Solar sail*) mempunyai 2 fungsi, yaitu : 1) Sebagai penggerak kapal tanpa *propeller*, 2) Sebagai suatu sistem teknologi *Photovoltaic* yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Adanya kombinasi yang efisien antara penggunaan layar dan panel surya jika diaplikasikan pada kapal akan mampu menghemat penggunaan geladak kapal. Ada 3 tipe *Solar sail* yang diteliti, seperti yang diperlihatkan Gambar 1.3, 1.4 dan 1.5:



Gambar 1.3. Tipe DLR / ESA

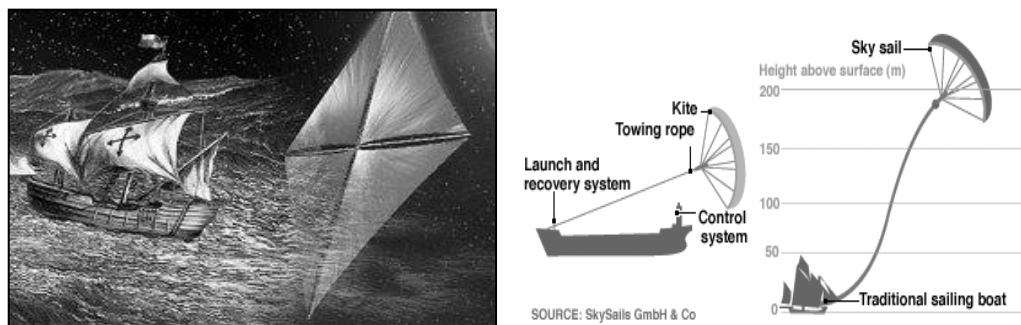


Gambar 1.4. Tipe Encounter



Gambar 1.5. Tipe NASA JPL

Solar Sail disamping berfungsi sebagai pendorong kapal (layar konvensional) dan juga bisa berfungsi sebagai panel surya yang mengumpulkan energi listrik dan sangat sesuai untuk diaplikasikan sebagai kapal ramah lingkungan.



Gambar 1.6. Aplikasi Solar Sail di kapal (Nasa, 2008)

Gambar 1.6 memperlihatkan aplikasi penggunaan *Solar Sail* di kapal, disamping fungsinya sebagai pendorong kapal (layar layang-layang), juga mampu bekerja seperti layaknya panel surya pada umumnya.

Layar layang-layang raksasa dari bahan sintetis sekarang telah dicoba menjadi alat untuk menghemat penggunaan bahan bakar kapal pengangkut. Pada saat angin

berhembus kencang, kapal akan membentangkan layar raksasa seperti layang-layang yang akan 'menarik' kapal sehingga menghemat penggunaan bahan bakar.

- Mengingat faktor efisiensi pemakaian bbm berkaitan langsung dengan tingkat pencemaran lingkungan (dalam hal ini pencemaran udara) maka penelitian juga dilanjutkan ke arah pengembangan sistem penggerak yang tidak menggunakan bbm atau kombinasi antara penggunaan mesin disel yang mengkonsumsi bbm jenis solar dan bentuk penggerak lainnya (layar dan panel surya) (Santosa dan Utama, 2013).

1.1.3 Kapal ramah lingkungan yang pernah dibangun di dunia

- Kapal wisata katamaran Foscat32, konsep kapal dengan penggerak hybrid yang mengkombinasikan motor diesel, layar dan panel surya (Foscat32, 2015).



Gambar 1.7. Kapal wisata katamaran Foscat32 hybrid
(Foscat32, 2015)

Gambar 1.7 memperlihatkan konfigurasi kapal wisata katamaran Foscat32 yang dilengkapi dengan tenaga penggerak hybrid yang dalam hal ini, layar dan panel surya diletakkan vertikal di atas ruang navigasi kapal sebagai layar yang penempatannya disesuaikan dengan: stabilitas, kebutuhan ruang muat, operasional kapal dan kebutuhan energi untuk menggerakkan kapal tersebut. Foscat32 (*Folding Solar Catamaran*) adalah kapal layar lipat dengan memanfaatkan energi

alam dari angin dan matahari, mempunyai panjang 32 meter dan tinggi 52 meter dengan panel surya (95 m^2) ditempatkan pada tiang utama dan memiliki dua motor listrik yang ditempatkan pada lambung. Kapal ini mempunyai kinerja yang tinggi karena menggunakan sistem yang ringan, yang merupakan penggabungan antara kekuatan matahari dan angin dengan mengurangi CO₂ hampir nol selama berlayar.

- Kapal Greenpeace Rainbow Warriors, kapal ramah lingkungan ini aktif melakukan kampanye penyelamatan lingkungan dengan berlayar mengelilingi dunia (greenpeace, 2015).



Gambar 1.8. Kapal Greenpeace Rainbow Warriors (greenpeace, 2015)

Gambar 1.8 memperlihatkan konfigurasi Kapal Greenpeace Rainbow Warriors yang dilengkapi dengan tenaga penggerak kombinasi layar, mesin hybrid. Sementara yang dimaksud dengan mesin hybrid adalah mesin diesel yang dilengkapi dengan motor listrik yang dapat bekerja secara bergantian atau bersamaan. Mesin hybrid dan layar akan bekerja secara bergantian atau bersamaan juga. Gaya dorong yang dipergunakan untuk menggerakkan kapal ini dihasilkan dari propeller dan layar.

- Kapal penumpang *New York Hornblower*, kapal “*San Fransisco Hornblower Hybrid*” yang dibuat tahun 2008 dan kapal “*New York Hornblower Hybrid*” bulan April 2011, adalah kapal penumpang berkapasitas 600 penumpang yang dilengkapi dengan tenaga penggerak kombinasi mesin diesel, tenaga surya dan turbin tenaga angin (*Newyork hornblower*, 2015)



Gambar 1.9. Kapal penumpang Hybrid
(Newyork hornblower, 2015)

Gambar 1.9 memperlihatkan konfigurasi Kapal penumpang hybrid dengan memanfaatkan energi alam dari angin dan matahari karena kapal ini akan menjalankan mesin dieselnnya bila diperlukan sebagai tenaga tambahan saja. Angin akan menggerakkan turbin tenaga angin untuk menghasilkan tenaga listrik, sementara tenaga surya akan diubah menjadi tenaga listrik juga.

- Kapal ikan Norwegian, Eldby, (2014), dalam artikelnya menuliskan adanya kolaborasi nelayan Norwegia dan peneliti SINTEF, telah berhasil mensimulasikan pada kapal ikan kecil yang dilengkapi dengan sebuah *battery-driven electric* (seperti diperlihatkan pada Gambar 1.10, hasilnya menunjukkan bahwa energi yang dikonsumsi sekitar 60 sampai 70 % dari total energy selama waktu operasional kapal ikan tersebut.



Gambar 1.10. Kapal ikan yang dilengkapi dengan sebuah *battery-driven electric engine*, (Eldby, 2014)

Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut diatas, maka saat ini penulis melakukan suatu penelitian disertasi doktor dengan tema : “Kapal Ikan Katamaran: Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan Performa Kapal yang Ramah Lingkungan”.

Sementara alasan lain dari penulis untuk mengangkat tema tersebut, adalah:

1. Karena terbatasnya jumlah penelitian dan aplikasi bentuk katamaran sebagai kapal ikan
2. Untuk mengatasi problem kelangkaan pasokan dan fluktuasi harga bbm
3. Untuk memenuhi tuntutan aspek ramah lingkungan
4. Untuk menghasilkan performa kapal ikan yang baik.

Pada penelitian ini lebih difokuskan pada misi desain sebagai fungsi kapal ikan katamaran dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya).



Gambar 1.11. Konsep Kapal Ikan hybrid

Gambar 1.11 memperlihatkan Konsep Kapal Ikan dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya). Secara prinsip konsep kapal hybrid adalah kapal bergerak akibat gaya dorong layar dan propeller yang bekerja secara bergantian atau bersamaan.

Dengan demikian gagasan pengembangan desain kapal ikan katamaran hybrid yang inovatif ini dimaksudkan untuk menghasilkan kapal yang hemat bahan bakar, ramah lingkungan dan berkinerja baik, merupakan usulan tentang konsep kapal ikan masa depan. Sedangkan relevansi dari penelitian ini adalah berkaitan dengan usaha-usaha untuk menciptakan kapal yang efisien dan hemat bbm dan kemungkinan kontribusinya terhadap tata letak ruang kapal katamaran yang lebih fleksibel dalam aplikasi kapal penangkap ikan.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah, dalam konteks lebih detail adalah :

1. Bagaimana membuat pemodelan kapal ikan hybrid ?
2. Bagaimana merancang konfigurasi kapal ikan hybrid dari hasil pemodelan ?
3. Bagaimana melakukan validasi dari konfigurasi kapal ikan hybrid melalui pemeriksaan pada displasemen, stabilitas dan gerak dinamis kapal (*seakeeping*) ?
4. Bagaimana melakukan pengukuran polusi udara dari setiap konfigurasi ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan konsep kapal ikan katamaran dengan sumber energi penggerak alternatif yaitu kombinasi mesin, layar dan solar panel yang efisien dan optimum, secara garis besar adalah:

1. Menentukan hasil pemodelan kapal ikan hybrid dengan tujuan meminimalkan penggunaan energi fosil melalui konversi energi terbarukan (angin, matahari).
2. Menentukan hasil konfigurasi dengan tujuan untuk merancang sistem penggerak hybrid yang dipergunakan.
3. Menentukan hasil validasi dengan tujuan untuk mendapatkan performa kapal yang baik
4. Melakukan analisa dan evaluasi mengenai polusi udara yang dihasilkan sebagai keterukuran meminimalkan penggunaan energi fosil.

1.4 Kontribusi Penelitian

Kontribusi yang dapat diperoleh dari penelitian ini, adalah :

1. Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan yang berkaitan dengan usaha-usaha untuk menciptakan kapal yang efisien, hemat BBM dan ramah lingkungan.
2. Sebagai dasar pengembangan sistem penggerak hybrid (kombinasi : sistem penggerak yang menggunakan BBM dan tidak menggunakan BBM).
3. Sebagai dasar optimalisasi performa kapal.
4. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dengan layak, sehingga bagi mereka yang berkepentingan bisa memanfaatkan sesuai dengan misinya.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya pada persoalan desain dan hidrodinamika kapal ikan dalam rangka menghasilkan kapal ikan yang ramah lingkungan, dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan data hasil dari penelitian terdahulu
2. Tidak membahas masalah ekonomis

1.6 Hipotesis

Hipotesa awal pada penelitian ini adalah ada potensi dari sumber penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya) menurunkan polusi udara. Hipotesa ini nantinya akan divalidasi dengan beberapa pengujian pendukung hipotesa.

1.7 Aspek Keterbaruan

Kapal ikan dengan sumber penggerak kapal yang ramah lingkungan menggunakan sistem hybrid (kombinasi mesin diesel, layar, panel surya) sampai dengan tahun 2016 ini belum banyak yang meneliti.

1.8 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan secara umum mengenai Latar belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Kontribusi Penelitian, Batasan Masalah, Hipotesis, Aspek Kebaruan dari tema penelitian disertasi.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas mengenai dasar teori rancang bangun kapal yang dipergunakan, meliputi: karakteristik kapal ikan, teori menghitung penggerak kapal (layar, panel surya, mesin diesel), teori kombinasi, teori regresi linier, teori stabilitas kapal, teori gerak dinamis kapal (*seakeeping*), teori perhitungan polusi udara.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah metode penelitian yang akan dilakukan merupakan penjabaran dari diagram alirnya,

BAB 4 PLATFORM PERANCANGAN KAPAL IKAN

Pada bab ini dibahas mengenai proses desain reuse, pemodelan system penggerak hybrid kapal ikan, penentuan desain parameter dan kendala dengan tujuan untuk mendapatkan kombinasi kapal ikan yang diusulkan

BAB 5 KONFIGURASI SISTEM PROPULSI

Pada bab ini dilakukan diskusi mengenai varian konfigurasi sistem propulsi kapal ikan yang diusulkan melalui pemeriksaan displasemen, stabilitas dan gerak kapal (*seakeeping*), dengan memperhatikan polusi udara yang terjadi.

BAB 6 PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai fungsi system hybrid penggerak kapal pada operasional dari kapal ikan

BAB 7 KESIMPULAN

Pada bab ini berisi resume dari pembahasan yang telah dilakukan berupa kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Kapal ikan

Definsi kapal ikan adalah kapal atau perahu yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/ekplorasi perikanan (FAO, 2007). Kapal ikan mempunyai fungsi ganda yaitu kapal ikan sebagai sarana perhubungan di perairan dan kapal ikan sebagai sarana produksi yang dipergunakan dalam usaha perikanan (Arioma, 2012). Kapal ikan dapat didefinisikan dengan banyak faktor, akan tetapi ada 2 hal yang terpenting adalah: metode penangkapan dan jarak operasional kapal (Pinkster dan Lamb, 2004).

Enam puluh tujuh persen permukaan bumi tertutup perairan dengan karakteristik yang berbeda satu sama lain, seperti : temperatur, kedalaman, kemampuan untuk dilayari, keterbukaan, dll. Hal ini yang menyebabkan species ikannya juga berbeda pula. Di seantero dunia ini proses penangkapan ikan selalu melibatkan banyak kapal ikan dengan berbagai tipe. Hal yang menjadikan alasan mengapa begitu banyak jenis dan tipe kapal ikan di dunia ini dengan misi, daerah operasional, pemilik kapal, abk, badan regulasi dan tingkat pengetahuan masing-masing (Pinkster dan Lamb, 2004).



Gambar 2.1. Tempat penangkapan ikan (*Fishing grounds*) di dunia
(Pinkster dan Lamb, 2004)

Gambar 2.1 memperlihatkan tempat-tempat penangkapan ikan (*Fishing grounds*) yang menyebar di seluruh dunia. Kapal ikan yang beroperasi di dunia ini masing-masing mempunyai hasil tangkapan (jenis ikan) yang berbeda tergantung pada tipe, dimensi, bentuk fisik, kecepatan, power dan alat tangkap kapal (Fyson, 1985). Kapal-kapal ikan tersebut mempunyai daerah operasional (*fishing trips*) yang berbeda pula. Dalam operasionalnya sebuah kapal ikan harus benar-benar aman (*very seaworthy indeed*), pada cuaca burukpun kapal tersebut harus bekerja (Hind, 1982). Semua pekerjaan yang ada di kapal ikan harus dilakukan dengan cepat, mulai dari proses penangkapan sampai pengolahan hasil tangkapan merupakan fungsi daripada waktu. Proses penangkapan yang lamban menyebabkan ikan-ikan pada lari semua (migrasi), sedangkan proses pengolahan hasil tangkapan yang lamban menyebabkan ikan-ikan rusak / busuk. Saat ini untuk menopang ketahanan pangan dan industri perikanan di dunia ini, kapal ikan yang beroperasi hanya boleh menangkap ikan yang hanya diinginkan saja (misalnya: ikan tuna < 20 kg harus dilepas kembali) (Pinkster dan Lamb, 2004).



Gambar 2.2. Kapal ikan konvensional L 10-50 m,
(Pinkster dan Lamb, 2004)

Secara umum pola operasional normal kapal ikan, (Hind, 1982), adalah sbb:

1. *Depature from port*: kapal berangkat dan beroperasi di wilayah pelabuhan / dermaga.
2. *Outward bound*: kapal menuju ke lokasi *fishing ground*.

3. *On fishing ground*: kapal tiba di lokasi *fishing ground* dan melakukan penangkapan ikan.
4. *Homeward bound*: saat kapal meninggalkan lokasi *fishing ground* menuju pelabuhan.
5. *Arrival at Port*: saat kapal tiba di pelabuhan dan sandar di pelabuhan

Sedangkan durasi operasional kapal ikan di laut adalah sebagai berikut, (Pinkster dan Lamb, 2004):

Tabel 2.1. Hubungan antara L kapal dengan profil pelayaran (*Voyage profile*)

Vessel Length (m)	Voyage Duration (days)	Refrigeration		Fish Processing onboard
		Ice	Freezer holds	
< 11	1	— Or X	—	—
10 - 50	1 - 5	X	X	X
50 - 150	5 – 30+	—	X	X

Penjelasan Tabel 2.1: bahwa durasi operasional kapal di laut tergantung panjang kapal (L). Untuk kapal yang mempunyai $L < 11$ m waktu operasinya hanya 1 hari (*one day fishing*) dengan pendingin es dan proses seleksi ikan dilakukan di darat. L: 10 – 50 m waktu operasinya 1- 5 hari pendingin es dan *freezer*, proses seleksi ikan dilakukan di kapal, seperti diperlihatkan pada Gambar 13. Sedangkan untuk kapal-kapal dengan L: 50 – 150 m waktu operasinya 5 – 30+ hari, pendingin *freezer* dan proses seleksi ikan dilakukan di kapal (Pinkster dan Lamb, 2004).

Metode penangkapan ikan dibagi menjadi 2, yaitu: 1) Untuk menangkap ikan demersal (*bottom fishing*) cenderung menggunakan jaring pukot (trawl) yang ditarik, ada 3 metode trawling yaitu: *side trawling*, *beam trawling* dan *stern trawling*. 2) Untuk menangkap ikan pelagis (*surface fishing*) cenderung menggunakan jaring keliling dan pancing dengan menggunakan metode: *purse seining*, *pair seining*, *gill netting*, *long lining*, *hand lining*, *rod (pole) lining* dan *midwater trawling* (Pinkster dan Lamb, 2004).

Menurut Rawson dan Tupper, (1994), secara garis besar kapal ikan dikelompokkan menjadi 3, yaitu : 1) menggunakan jaring pukat (*trawl*) yang ditarik, 2) menggunakan sarana yang mengelilingi kapal seperti jaring (*purseine*), 3) menggunakan cara statis seperti pancing (*pole lines*).

Kecepatan pada kapal ikan menjadi persyaratan yang utama karena kapal ikan harus sampai ditempat penangkapan ikan (*fishing ground*) secepat mungkin agar tidak kehilangan waktu yang tepat untuk menangkap ikan. Kapal ikan pada umumnya didesain memiliki kecepatan yang cukup tinggi antara 7 – 14 knots, (Sahrin, 1998). Dalam penelitian ini, pemilihan kecepatan dinas disesuaikan dengan pola operasional kapal ikan itu sendiri, antara lain:

1. Ketika kapal beroperasi diwilayah pelabuhan/dermaga (*departure from port*) dalam keadaan muatan kosong, kapal hanya akan menggunakan kecepatannya sekitar 2 sampai dengan 3 knots saja.
2. Saat kapal menuju ke lokasi *fishing ground* (*outward bound*) dalam keadaan muatan kosong dan setelah kapal berada di laut lepas akan menggunakan kecepatan dinas penuh (diambil harga 9.8 knots, dengan asumsi didasarkan pada jarak tempuh dan kebutuhan operasional). Kapal ikan harus sampai di *fishing ground* sesuai dengan waktu yang direncanakan (tepat waktu).
3. Saat kapal tiba di lokasi *fishing ground* (*on fishing ground*) dalam keadaan muatan kosong dan selanjutnya melakukan operasional menangkap ikan di *fishing ground* akan cenderung menggunakan kecepatannya sekitar 4 sampai dengan 7 knots karena set up peralatan tangkap memerlukan waktu yang agak cepat dan kalau tidak cepat dikawatirkan ikannya pada lari semua.
4. Saat kapal meninggalkan lokasi *fishing ground* (*homeward bound*) menuju pelabuhan dalam keadaan muatan penuh dengan hasil tangkapan, kapal akan menggunakan kecepatan dinas kurang dari 9.8 knots.

5. Saat kapal tiba di pelabuhan (*arrival at Port*), dan ketika akan sandar di pelabuhan, kapal hanya akan menggunakan kecepatannya sekitar 2 sampai dengan 3 knots saja.

Sahrin, (1998), memberikan saran beberapa pertimbangan teknis bagi mereka yang berkompeten dalam perancangan kapal ikan, a.l:

a. Bentuk lambung

Menurut Fyson (1985), bentuk lambung dibawah air bagian depan diusahakan mempunyai sudut masuk garis air yang kecil (kira-kira 14^0 hingga 20^0), hal ini bertujuan untuk mendapatkan sebuah kapal ikan yang mempunyai tahanan relatif lebih kecil. Sudut keluar garis air bagian baling-baling (*propeller*) agar dipertahankan sekecil mungkin karena hal ini dapat memperbaiki jalan air masuk ke baling-baling dan kemampuan olah geraknya. Sementara Lebar kapal (B) mempunyai peranan yang sangat penting sebagai tempat menyimpan ikan hasil tangkapan. Sedangkan harga perbandingan bentuk yang dipergunakan pada kapal ikan lambung tunggal adalah sebagai berikut: $L/B = 5.3 - 6.0$; $B/d = 1.9 - 2.3$; $D/d = 1.15 - 1.30$; $C_b = 0.5 - 0.6$; $C_m = 0.73 - 0.88$; $C_w = 0.72 - 0.81$; $C_p = 0.61 - 0.70$; $V/L^{0.5} = 1.5 - 1.9$

b. Stabilitas

Menurut Hind (1982), stabilitas pada kapal ikan merupakan suatu persyaratan yang sangat penting, karena sebuah kapal ikan harus selalu bekerja dengan beban-beban stabilitas yang berat. Penyebab beban stabilitas ini terutama adalah: 1) tarikan tambangtarik jala (*net*) yang disebabkan oleh gaya tarik kapal, 2) kadang-kadang juga bekerja pada kondisi cuaca yang buruk, 3) berlayar berputar pada tambangtarik yang disebabkan gaya gunting, 4) kembalinya dengan tiba-tiba beban stabilitas dari kapal ikan yang melintang, disebabkan tambangtarik yang tiba-tiba menjadi tegang. Untuk mengurangi beban stabilitas, diusahakan agar pemasangan peralatan serendah mungkin.

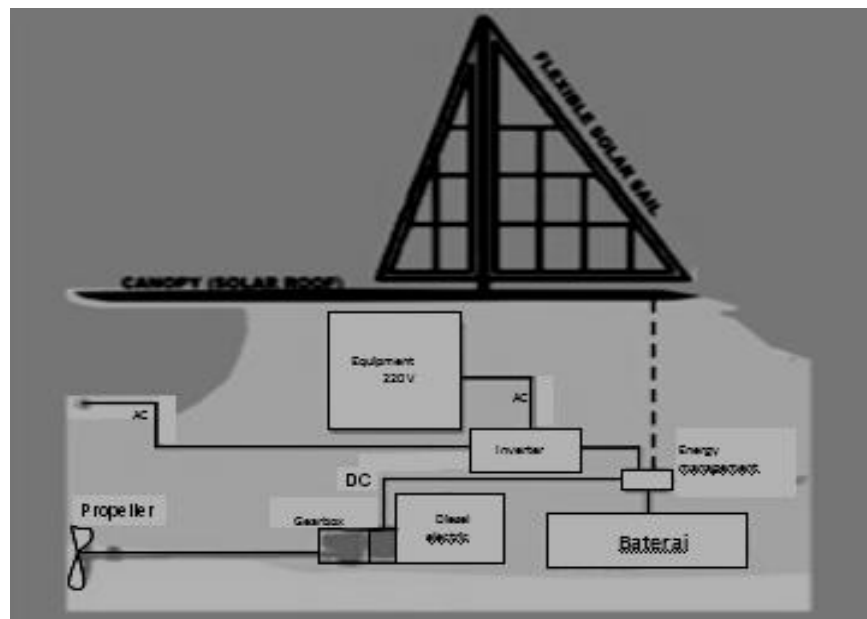
c. Hambatan

MES (1985) mengatakan, bahwa hambatan yang bekerja pada kapal ikan, a.l: 1) hambatan gesek, hambatan tekan dan gelombang umumnya dijadikan satu dengan nama hambatan bentuk, 2) hambatan angin dan hambatan tambahan tambang tarik jala yang terbenam di air.

d. Pemilihan tenaga penggerak

Watson (1998) menegaskan bahwa kondisi kerja kapal ikan sering berubah-ubah mengikuti pola operasional kapal ikan, maka hubungan kerja antara sumber tenaga penggerak dengan baling-baling kapal (*propeller matching*) harus diperhatikan. Hal ini dimaksudkan agar hubungan kerja antara kedua instalasi alat penggerak tersebut dapat menghasilkan tenaga gerak yang optimal.

Pada penelitian ini lebih difokuskan pada misi desain sebagai fungsi kapal ikan katamaran dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya).



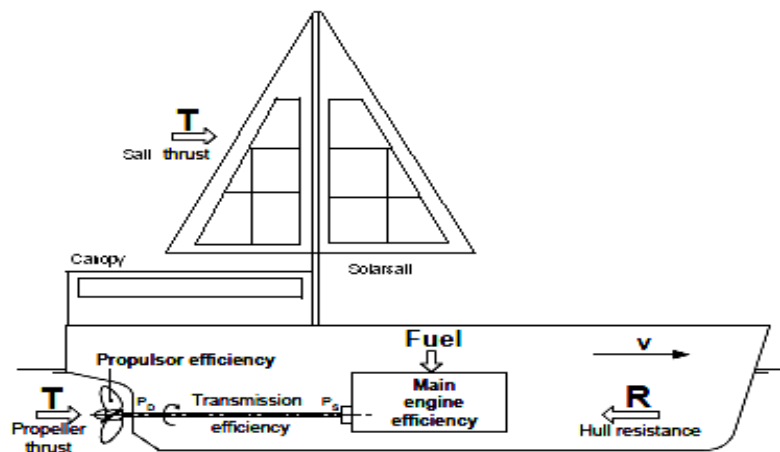
Gambar 2.3. Konsep konfigurasi system penggerak hybrid

Secara prinsip konsep kapal hybrid adalah kapal bergerak akibat gaya dorong layar dan propeller yang bekerja secara bergantian atau bersamaan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.3.

2.2 Teori Menghitung Penggerak Kapal

2.2.1 Teori Pergerakan Kapal (*Ship Moving Theory*)

Kapal dapat bergerak maju ke depan dikarenakan adanya gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu.



Gambar 2.4. Konsep konversi energi kapal

Gambar 2.4 memperlihatkan gaya dorong (*thrust*, T) yang terjadi dihasilkan dari satu atau beberapa sumber penggerak kapal: mesin, sel surya dan layar yang bekerja secara bergantian atau bersama-sama.

Berdasarkan konsep di atas, maka persyaratan kapal dapat bergerak adalah

$$T \geq R_T \quad \text{or} \quad T - R_T \geq 0 \quad (2.1)$$

Kombinasi beberapa sumber penggerak kapal (mesin, sel surya dan layar) yang bekerja secara bergantian atau bersama-sama dikenal sebagai sistem hybrid.

2.2.2 Hambatan Katamaran (*Catamaran Resistance*)

Pada penelitian disertasi ini, nilai hambatan kapal katamaran yang akan dipakai untuk menghitung gaya dorong (*thrust*) dan tenaga penggerak (*powering*) kapal menggunakan data primer dari hasil penelitian terdahulu melalui eksperimen towing tank yang dilakukan oleh Utama (2010). Sebagai dasar teori akan tetap diperkenalkan formulasi untuk menghitung hambatan kapal katamaran menurut Insel dan Moland (1992) yang diekspresikan menurut Persamaan (2.2)

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C_T \quad (2.2)$$

dimana ρ adalah massa jenis air laut, S adalah luas permukaan basah, dan V adalah kecepatan kapal, C_T adalah koefisien hambatan total yang diusulkan oleh Insel dan Moland, (1992):

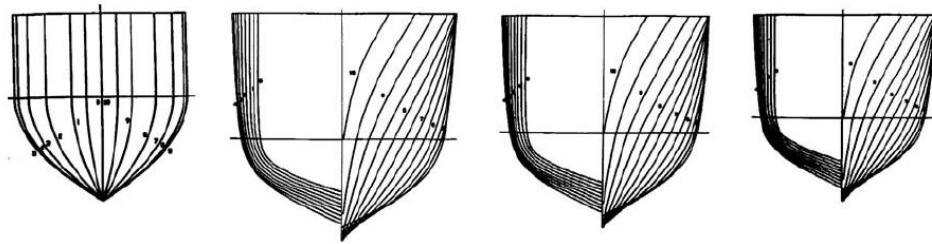
$$C_T = (1 + \phi k) \sigma C_F + \tau C_W \quad (2.3)$$

dimana ϕ merupakan variabel perubahan tekanan disekitar *demihull* dan σ merupakan variabel penambahan kecepatan diatara lambung katamaran dan dihitung dari integrasi hambatan gesek lokal berdasarkan luas bidang basah dan $(1 + k)$ adalah *form factor* untuk *demihull (in isolation)*. Untuk tujuan praktis, faktor ϕ dan σ dapat dikombinasikan menjadi bentuk faktor interferensi hambatan kekentalan antar demihull (β), dimana $(1 + \phi k) \sigma = (1 + \beta k)$, sehingga Persamaan (2.2) dapat diekspresikan kembali menjadi Persamaan (2.4).

$$C_T = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (2.4)$$

Catatan bahwa untuk *demihull* (yang terisolasi), $\beta=1$ dan $\tau=1$, dan untuk katamaran τ dihitung dengan Persamaan berikut:

$$\tau = \frac{C_{WCAT}}{C_{WDEMI}} = \frac{[C_T - (1+\beta k)C_F]_{CAT}}{[C_T - (1+k)C_F]_{DEMI}} \quad (2.5)$$



Gambar 2.5. *Body plans* untuk model C2, C3, C4 dan C5 (Insel dan Molland,1992)

Tabel 2.2. *Form factor* $(1+k)$ oleh Insel dan Molland (1992)

<i>Monohull</i>	C2	C3	C4	C5
$(1+k)$	1.10	1.45	1.30	1.17

Insel dan Molland (1992) menyatakan bahwa *form factor*, untuk tujuan praktis, tidak tergantung pada kecepatan dan tetap konstan. Hal ini merupakan solusi praktis yang baik pada problem *engineering* yang kompleks. *Form factor* untuk konfigurasi *monohull* diperlihatkan pada Tabel 2.2. Untuk lambung kapal katamaran, faktor interferensi viskos β adalah efektif tidak tergantung pada kecepatan dan tetap konstan dan hanya tergantung pada rasio L/B . Lebih rinci disimpulkan bahwa:

- (a) kapal yang diuji sangat dipengaruhi *viscous form*, dan lebih besar untuk katamaran akibat adanya interferensi viskos diantara lambung katamaran.
- (b) Interferensi hambatan viskos diperoleh tidak bergantung pada kecepatan dan jarak antara lambung (*hull clearance*), dan lebih bergantung pada rasio L/B *demihull*.

- (c) Semakin besar rasio jarak antaran lambung (S/L), semakin kecil interferensi gelombang pada bilangan Froude 0.35 - 0.42.
- (d) Sudut trim pada katamaran lebih besar dari pada *monohull* dan sudut trim berkurang dengan bertambahnya rasio jarak antara lambung (S/L).

2.2.3. Gaya Dorong (*thrust*, T)

Gaya dorong adalah energi atau gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dan dapat diekspresikan sebagai Persamaan (2.6), (Molland, 2011).

$$\text{Thrust } (T) = R_T / (1-t) \quad (2.6)$$

Dimana t adalah *thrust deduction factor* untuk *single screw*, (Molland, 2011).

$$t = k_R \cdot wt \quad (2.7)$$

dimana: k_R adalah 0.5 untuk thin rudder.

$$wt = -0.0458 + 0.3745C_B^2 + 0.1590D_w - 0.8635Fr + 1.4773Fr^2$$

$$D_w = \frac{B}{V^1 r^3} \sqrt{\frac{V^1 r^3}{D}}$$

Untuk menggerakkan dirinya sendiri, gaya dorong (*thrust*, T) kapal ikan tersebut dihasilkan melalui baling-baling (*propeller*) dan layar (*sail*) harus lebih besar daripada tahanan total kapal yang ada, secara matematis diekspresikan pada persamaan (2.8).

$$T_{propeller} + T_{sail} \geq R_T \quad (2.8)$$

Dimana:

$$\text{Gaya dorong propeller, } T_{propeller} = K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (2.9)$$

$$\text{Gaya dorong layar, } T_{sail} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Delta \cdot S \cdot V_w^2 \quad (2.10)$$

2.2.4. Tenaga Penggerak (*powering*)

Beberapa sumber tenaga penggerak yang dipergunakan:

2.2.4.1 Mesin diesel konvensional

Adalah penggerak utama kapal yang bekerjanya dengan cara mengkonversi energi bahan bakar untuk memutar baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu. Salah satu metode pembagian tenaga yang paling mendasar pada tenaga penggerak konvensional ini adalah membedakan antara *effective power* (P_E) yang diperlukan untuk menggerakkan kapal dan *power delivered* (P_D) pada unit penggerak kapal, (Molland, 2011).

Formulasi yang dipakai menurut Molland (2011), adalah sebagai berikut:

$$\text{Effective power (PE)} = R_T \times V_s \quad (2.11)$$

$$\text{Delivered power (PD)} = PE / H_d \quad (2.12)$$

$$\text{Quasi propulsive coefficient } (\eta_D) = \eta_P \cdot \eta_H \cdot \eta_R \quad (2.13)$$

$$\text{Service power (Ps)} = PD / \eta_T \quad (2.14)$$

Dimana: harga η_T 0.98 dengan gearbox, 0.95 tanpa gearbox

$$\text{Installed power (PI)} = P_s + \text{Margin} \quad (2.15)$$

Margins (*roughness, fouling, weather*) 15 – 20% tergantung rute pelayaran.

Sedangkan parameter yang terpenting pada pemilihan mesin diesel penggerak kapal menurut Molland (2011), adalah:

1. Tipe mesin (*Engine Type*), mesin diesel mempunyai 2 tipe, yaitu : mesin diesel konvensional dan mesin diesel elektrik.
2. Daya mesin (*Rating figure*), biasanya dinyatakan sebagai BHP atau kW per silinder dengan nilai RPM (rev/min), informasi ini ada di spesifikasi mesin.

3. Konsumsi bahan bakar (*Fuel Consumption*), jumlah bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin dinyatakan dalam satuan: g/HP/jam.
4. Mempunyai berat yang ringan dengan *rating figure* yang tinggi.
5. Polusi yang dihasilkan kecil.

Pada penelitian ini, sumber tenaga yang dihasilkan oleh mesin menjadi tujuan utama untuk diminimumkan karena dengan daya mesin yang kecil akan menghasilkan polusi yang kecil pula.

2.2.4.2 Sel Surya

Sel surya atau sering disebut dengan Photovoltaic (PV), adalah Suatu sistem teknologi yang merubah cahaya matahari menjadi energi listrik melalui panel surya yang disimpan dalam baterai (Pagliaro, 2008).

Formulasi yang dipakai menurut Tiwari (2010), adalah sebagai berikut:

$$\text{Power requirement: } P = V \times I \quad (2.16)$$

$$P_{\max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2.17)$$

$$\text{Fill Factor : } FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.18)$$

$$P \text{ watt } peak = PV \text{ area} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (2.19)$$

Parameter terpenting pada pemilihan panel surya menurut Tiwari (2010), adalah

1. Baterai diusahakan ringan dan mempunyai daya (*power*) yang tinggi.
2. Menggunakan panel surya yang fleksibel yang relatif ringan, karena luasan dan berat dijadikan konstrain pada sistem ini.
3. Penempatan panel surya fleksibel diusahakan pada permukaan layar dan diatas kanopi bangunan atas kapal.

4. Secara keseluruhan sistem PV ini tidak boleh terlalu berat karena dapat berpengaruh pada performa kapal.

Pada kasus ini, sel surya diletakkan di atas kanopi (*solarroof*) dan layar yang berbentuk layar surya (*solarsail*). Sementara itu, layar surya sendiri mempunyai fungsi ganda, yaitu: pertama menghasilkan gaya dorong (*drifting force*, F_x) dan yang kedua adalah mengubah sinar matahari menjadi energy listrik (Nasa, 2008).

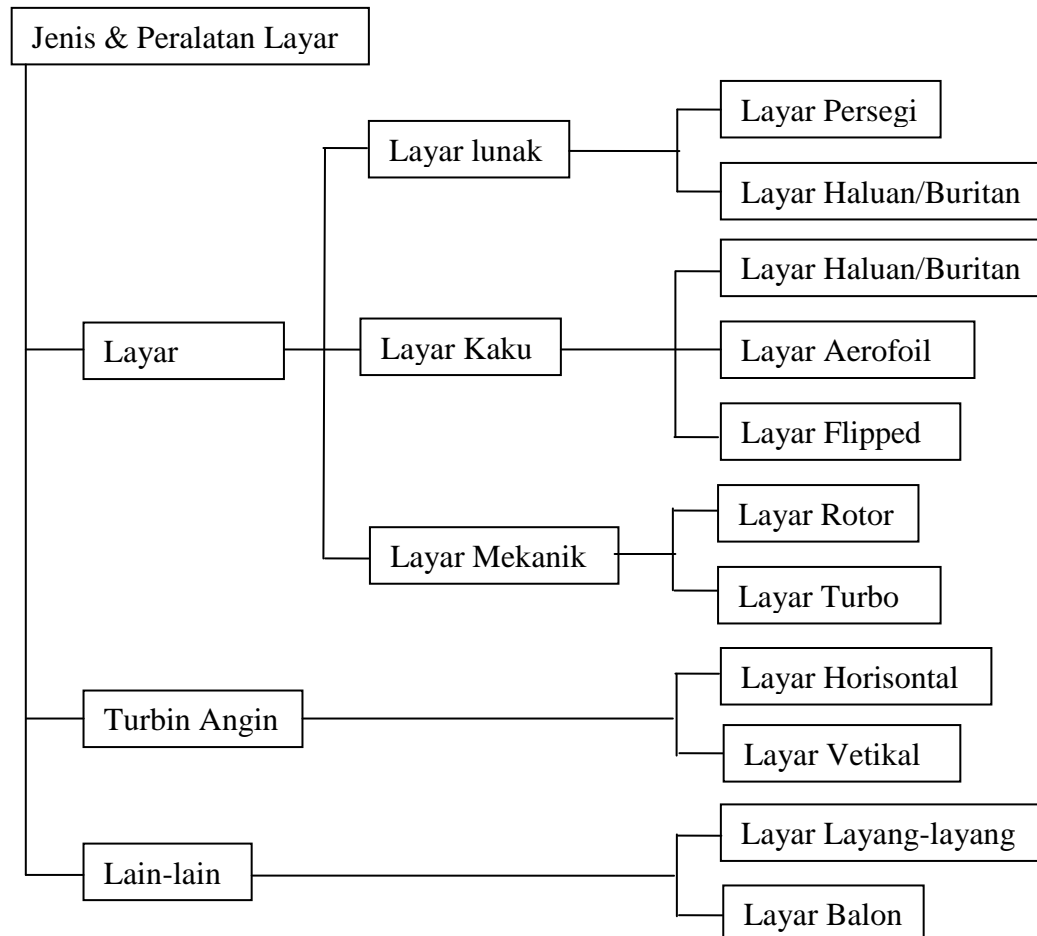
2.2.4.3 Layar

Adalah salah satu alat propulsi tanpa baling-baling pada kapal yang dapat bekerja karena adanya gaya angin (menangkap angin) pada permukaan layar, sehingga menghasilkan gaya dorong (*drifting force*) pada kapal dengan kecepatan tertentu (Norwood, 1979). Layar merupakan salah satu alat propulsi pada kapal. Sebagaimana alat propulsi yang lain seperti propeller, maka layar diusahakan untuk menghasilkan gaya dorong yang optimal, agar menghasilkan kecepatan kapal yang maksimal. Dari eksperimen yang dilakukan maupun dari teori-teori yang ada, menunjukkan bahwa gaya dorong yang dihasilkan oleh layar dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- Tekanan dinamis (*dynamic pressure*) yang mana besarnya tergantung dari kecepatan dan densitas udara, luasan dari layar, posisi layar pada saat dioperasikan terhadap arah angin (*angel of incident*, α) dan arah kapal terhadap arah angin (*apparent wind angle*, β).
- Bentuk dari layar yang didesain, dan besarnya chamber / kelengkungan layar pada saat beroperasi.
- Besarnya luasan dari layar.
- Jenis bahan layar yang digunakan (kekasaran dan berat bahan).

Pada saat ini telah banyak tinjauan terhadap desain layar yang dikembangkan dengan tujuan untuk mendapatkan gaya dorong layar yang optimal dan mudah dalam

pengoperasiannya. Gambar 2.6 berikut ini memperlihatkan jenis-jenis layar yang telah dikembangkan sampai dengan saat ini (Yoshimura, 2002).



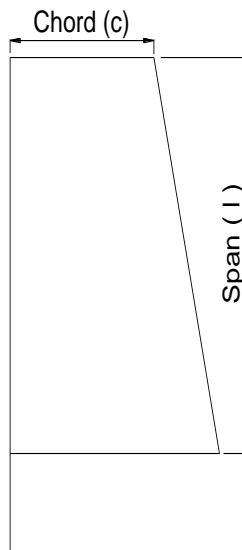
Gambar 2.6. Jenis-jenis layar (Yoshimura, 2002)

Di dalam layar terdapat istilah-istilah untuk geometri bentuk layar, antara lain sebagai berikut :

- Chord adalah panjang dari sisi depan layar (*luff*) sampai dengan belakang layar (*leach*). Atau dimulai dari *leading edge* sampai dengan *trailing edge*.
- Chamber adalah kelengkungan dari layar, merupakan perbandingan dari tinggi lengkungan dengan *chord*.

- Aspek rasio adalah perbandingan dari kuadrat span dengan luasan layar $AR=l^2/A$.
- Span adalah jarak dari sisi bawah layar sampai dengan sisi / ujung teratas dari layar.

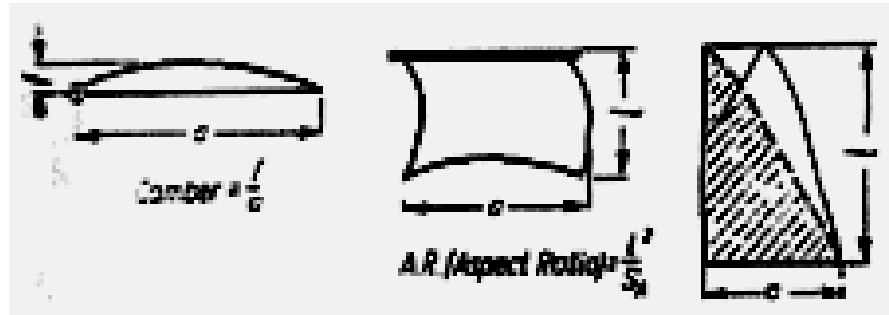
Permodelan dimensi model layar disesuaikan dengan dimensi layar utama. Penampang samping layar dapat dilihat pada Gambar 2.7. Dalam gambar tersebut dijelaskan dimana letak *chord* (c) dan *span* (l) layar.



Gambar 2.7. Chord dan Span pada layar

Hal yang perlu diperhatikan dari sebuah layar adalah bentuk dari layar, khususnya besarnya aspek rasio (AR) yang didapatkan dari perbandingan kuadrat span dan luasan layar. Semakin tinggi aspek rasio (AR) layar maka akan semakin tinggi gaya aerodinamis kapal untuk sudut yang sama. Selanjutnya faktor-faktor yang ada di bawah bisa digunakan untuk memperhitungkan gaya pada layar melalui persamaan matematis. Persamaan tersebut akan menggambarkan bahwa apabila ada dua buah layar dengan bentuk yang sama dan pada kondisi sudut masuk yang sama pula tetapi

berbeda luasannya maka gaya yang dihasilkan masing-masing layar akan proporsional terhadap luasan layar dan tekanan dinamis.



Gambar 2.8. Geometri Layar (Marchaj, 1982)

1. Gaya-gaya yang Bekerja pada Kapal Layar

Mayoritas kapal layar motor memiliki lambung tipe displacement, artinya bahwa seutuhnya badan kapal sebagian besar tercelup dalam air. Sehingga besarnya displacement kapal relatif sama tidak berubah-ubah.

Pada saat kapal bergerak dikarenakan adanya gaya dorong (*thrust*) dari propeller ataupun layar akan timbul gaya angkat (*lift*) yang akan mengangkat lambung dari air. Sehingga mengurangi *effective displacement* dari lambung kapal (bagian yang tercelup) karena sebagian berat lambung kapal disupport oleh gaya angkat dinamis (*dynamic resistance*) yang dihasilkan.

Dua hal di atas merupakan komponen penting dalam mendukung lambung pada saat berada dalam air. Karena selanjutnya akan berpengaruh terhadap besarnya hambatan kapal yang dihasilkan oleh luasnya badan kapal yang tercelup di dalam air dan kecepatan gerak kapal.

Selain itu juga hambatan yang disebabkan karena adanya layar (*aerodynamic resistance of the sail*) merupakan gaya-gaya yang bekerja pada kapal layar.

2. Gaya Aerodinamika yang Bekerja pada Layar

Pada dasarnya dalam mendesain sebuah layar, diperlukan pemahaman terhadap sains aerodinamika. Secara mendasar aerodinamika sama halnya dengan ilmu hidrodinamika. Namun yang membedakan hanyalah jenis fluida yang bekerja. Dalam aerodinamika, fluida yang bekerja merupakan fluida berbentuk gas. Sedangkan dalam ilmu hidrodinamika, fluida yang bekerja merupakan fluida berbentuk cair.

Mengacu pada hukum Newton yang menyatakan bahwa massa dari suatu benda adalah merupakan fungsi dari berat benda tersebut dibagi dengan gravitasi :

$$m = \frac{w}{g} \quad (2.20)$$

Maka, massa jenis dari udara (ρ_A) dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_A = \frac{\gamma_A}{g} \quad (2.21)$$

dimana : γ_A = berat udara per unit volume
 g = percepatan gravitasi

Karena udara memiliki massa dan kecepatan, maka udara memiliki energi kinetik yang besarnya adalah

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad (2.22)$$

Jika energi kinetik ini dinyatakan dalam satuan per unit volume, maka dinamakan tekanan dinamis (*dynamic pressure*). Besarnya tekanan dinamis adalah :

$$q = \frac{\frac{1}{2}\gamma_A V^2}{g} \quad (2.23)$$

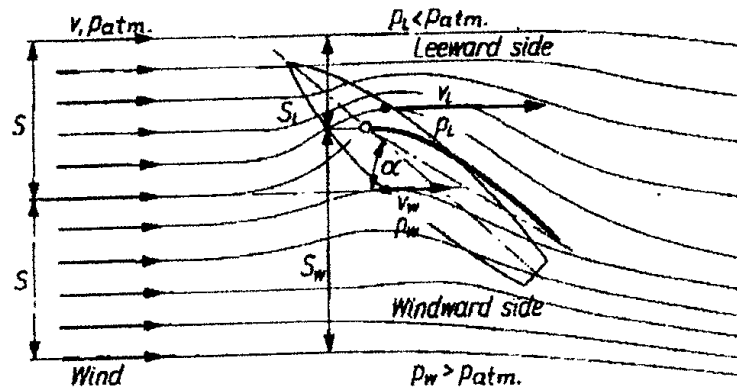
dimana : q = tekanan dinamis (*dynamic pressure*)

v = kecepatan angin

Menurut persamaan Bernoulli (Marchaj, 1982) hubungan antara tekanan statis dan dinamis adalah :

$$P + q = p_1 + q_1 = \text{total head atau tekanan stagnasi (konstan)} \quad (2.24)$$

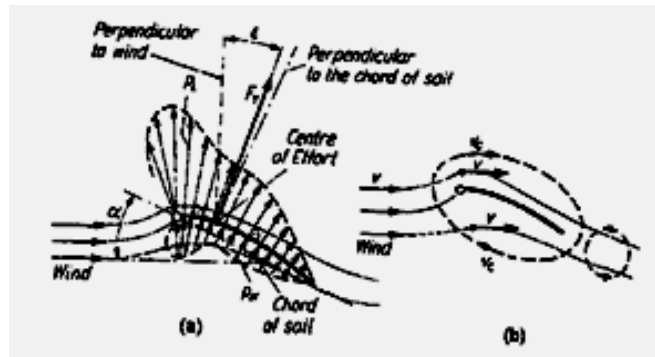
Gambar 2.9 memperlihatkan aliran di sekitar layar yang terdiri dari dua bagian aliran, yaitu aliran yang melewati *lee side* (sisi yang tidak terkena angin secara langsung) dan aliran yang melewati *windward side* (sisi yang terkena angin secara langsung).



Gambar 2.9. Aliran Fluida di sekitar layar (Marchaj, 1982)

Gambar 2.9 menunjukkan bahwa aliran yang melewati *lee side* mengecil dari S ke S_L . Kecepatan angin pada daerah ini (V_L) lebih besar dari pada kecepatan angin pada *free stream* (aliran jauh dari layar), V . Menurut persamaan Bernoulli bahwa pertambahan percepatan akan mengurangi tekananm static (P_L) pada *lee side*. Perubahan kecepatan yang besar terjadi pada daerah *luff* (ujung depan layar) pada layar.

Dengan analisa yang sama pada *wheeler side* / *windward side* didapatkan kecepatan local angin v_w rendah dan tekanan static p_w meningkat sebagai akibat dari perubahan energi kinetik. Oleh karena itu pada *windward side* didapatkan tekanan total lebih besar daripada tekanan atmosfer dan tekanan pada *lee side* kurang dari tekanan atmosfer. Tekanan ini menghasilkan suatu resultan gaya F_T yang mempunyai arah e terhadap garis yang tegak lurus arah angin dan berada pada titik yang dinamakan dengan *centre of effort* (CE).



Gambar 2.10. (a) Total force dan (b) Sirkulasi yang bekerja pada layar (Marchaj, 1982)

Selain itu untuk menganalisa gaya aerodinamika dapat dilakukan dengan teori lain yang mana sesuai dengan persamaan Bernoulli. Dalam teori ini diasumsikan bahwa aliran di sekitar layar merupakan perpaduan dari dua bagian kecepatan (Gambar 2.10a-b) yaitu kecepatan angin normal V dan sirkulasi V_c . Dari gambar tersebut dapat dipahami bahwa dua komponen ini akan berinteraksi yang mengakibatkan berkurangnya kecepatan pada *windward side* dan menambah kecepatan pada *lee ward side*. Hal tersebut otomatis akan mengurangi dan menambah tekanan yang timbul.

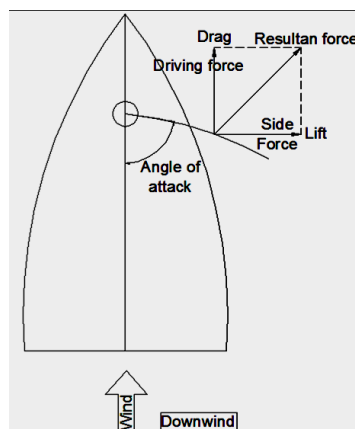
Teori sirkulasi pertama kali diperkenalkan oleh Magnus. Beliau membuat eksperimen yaitu membuat silinder lingkaran yang mempunyai sudut ω kemudian dialiri angin kearah silinder tersebut. Dari kondisi tersebut ternyata silinder menghasilkan gaya

yang berpotongan dengan aksis silinder dan arah angin. Fenomena ini terjadi karena adanya gaya aerodinamis, dan dinamakan dengan “Magnus Effect”.

Resultan total gaya aerodinamis F_T yang dihasilkan oleh layar dapat dijabarkan dalam dua komponen, yaitu :

1. Gaya Gerak (*Driving Force*) F_R yang bekerja searah dengan *Course* dan arah gerak kapal
2. Gaya Olenk (*Heeling Force*) F_H yang bekerja tegak lurus dengan arah *driving force*

Pada posisi downwind kapal layar bergerak membelakangi arah angin, maka usaha yang dilakukan adalah untuk memperbesar nilai F_R (*Driving Force*), yaitu gaya yang searah dengan arah kapal berlayar dan mengurangi besarnya F_H (*Heeling Force*), yaitu gaya yang tegak lurus dengan arah kapal berlayar. Besarnya F_R dan F_H tergantung dari besarnya arah kapal berlayar terhadap arah angin/*apparent wind angle* (β), gaya samping/*cross wind force* (L), dan hambatan aerodinamis/*Drag* (D). perlu diketahui bahwasanya gaya *lift* (L) dan gaya *Drag* (D) sendiri diperoleh dari total gaya (F_T).



Gambar 2.11. Gaya-gaya yang bekerja pada layar

Besarnya F_R dan F_H dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_R = L \sin \beta - D \cos \beta \quad (2.25)$$

$$F_H = L \cos \beta + D \sin \beta \quad (2.26)$$

Persamaan diatas dapat dituliskan dalam bentuk koefisien :

$$C_R = C_L \sin \beta - C_D \cos \beta \quad (2.27)$$

$$C_H = C_L \cos \beta + C_D \sin \beta \quad (2.28)$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa *drag* akan mempengaruhi besarnya *driving force* dan *heeling force*. Semakin besar D , maka F_R semakin kecil dan F_H akan semakin besar. Di samping itu besarnya D tergantung dari besarnya ϵ (*angle of drag*), yaitu sudut yang dibentuk antara L dan F_T . Sedangkan besarnya ϵ dipengaruhi oleh rasio antara L dan D (L/D), yang mana merupakan ukuran efisiensi dari aerofoil. Dengan kata lain layar memiliki sudut *drag* (ϵ) yang kecil, atau efisiensi layar (L/D) yang tinggi.

Teori dan eksperimen memperlihatkan bahwa resultan *drag* dihasilkan dari 3 komponen, yaitu :

1. Hambatan induced (*Induced resistance*)
2. Hambatan gesek (*Friction resistance*)
3. Hambatan bentuk (*Form drag*)

Masing-masing dari hambatan diatas memberikan kontribusi terhadap total drag yang tergantung pada bentuk dari badan layar, tipe permukaannya, dan kecepatan angin. C_L dan C_D bisa didapatkan dari pembacaan pada polar diagram pada setiap AR (*aspect ratio*) layar.

Selanjutnya secara umum dapat disimpulkan bahwa akibat dari komponen gaya-gaya tersebut terhadap kapal, yaitu :

- Kapal akan bergerak dengan kecepatan V_s yang segaris dengan *course*. Besarnya kecepatan tergantung dari besarnya *driving force* F_R dan akan bertambah besar jika *driving force* bertambah.
- *Drift* dari kapal dapat ditunjukkan dengan sudut *leeway* λ , akan diukur antara *course* dan *centerline* dari lambung kapal. Apabila F_{lat} Bertambah maka sudut λ juga bertambah.
- *Heel* pada kapal ditunjukkan dengan sebuah sudut θ . Besarnya akan tergantung pada besarnya *heeling* momen $M_H = F_H \times h$, di mana h adalah jarak yang diukur antara *center of effort* (CE) dari total gaya aerodinamis F_T dan *center of lateral resistance* (CLR) yang merupakan titik dari gaya hambatan total R_T pada lambung.
- Keseimbangan pada kapal didapatkan total gaya aerodinamis F_T dan resultan gaya hidrodinamis R_T yang bekerja sumbu/garis yang sama.
- F_{vert} cenderung meningkat area/bagian lambung kapal yang tenggelam sampai melebihi waterline yang telah didesain, bersama dengan F_R .

3. *Center of Effort* (CE)

Center of effort merupakan titik pusat tekanan angin yang mengenai layar dengan tetap pada kedudukannya dan terletak pada titik pusat luasan layar. Angin bertekanan mengenai layar akan menghasilkan gaya aerodinamika yang posisinya ditentukan oleh CE dan kemudian diimbangi oleh titik pusat gaya hambatan kapal yang bekerja pada bidang lateral badan kapal, CLR (*Center of Lateral Resistance*). Jadi titik CLR diambil dari titik pusat geometri pada luasan badan kapal di bawah permukaan air dan sirip pada kapal-kapal *yacht* ketika dilihat dari sisi kapal dan biasanya tidak termasuk daun kemudi.

Distribusi tekanan yang tersebar pada sisi atas (*upper*) dan bawah (*lower*) dari aerofoil atau pada sistem layar disebut sebagai sisi *leeward* dan *windward* diasumsikan menghasilkan satu gaya resultan yang besarnya adalah F_T . Gaya resultan tersebut terletak pada satu titik yang dinamakan *centre of pressure*, dalam

sistem layar dinamakan dengan *centre of effort* (CE). Pada pusat tekanan (*Centre of Effort*) adalah lokasi pada aerofoil dimana resultan dari distribusi gaya secara efektif bekerja pada aerofoil. Dengan kata lain *Centre of Effort* merupakan suatu titik pada aerofoil dimana momen aerodinamika bernilai nol.

$$CE = \frac{-M_{LE}}{N} \quad (2.29)$$

Posisi CE untuk setiap layar ditentukan melalui titik pusat luasan layar tersebut, sehingga untuk CE gabungan layar depan (*Fore sail*) dan layar utama (*Main sail*) ditentukan melalui perbandingan diantara dua layar tersebut melalui garis yang menghubungkan CE masing-masing, yaitu 100% luasan utama dengan 2 x 85% luasan layar depan.

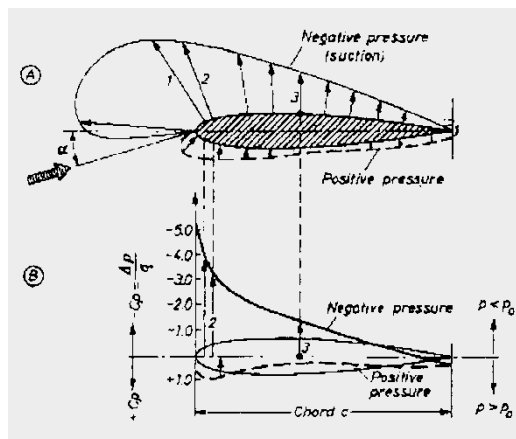
4. Distribusi Tekanan

Tipikal dari variasi lift koefisien terhadap sudut serang (*angle of attack*) dari suatu aerofoil, yaitu naik secara linier terhadap kenaikan sudut serang sampai sudut serang tertentu. Pada kondisi ini aliran bergerak mulus melalui aerofoil. Apabila sudut serang menjadi besar, aliran cenderung untuk terpisah dari permukaan atas aerofoil dan membuat suatu lonjakan yang besar pada daerah belakang aerofoil. Di dalam separasi, aliran bersikulasi dan ada aliran yang bergerak dengan arah berlawanan dengan arah aliran (*free stream*) yang dinamakan aliran balik (*reserved flow*). Akibat dari separasi aliran ini, pada harga sudut serang yang cukup besar terjadi penurunan yang tiba-tiba pada lift dan kenaikan yang besar dalam *drag*. Pada kondisi ini aerofoil dikatakan mengalami kehilangan kecepatan terbang yang disebut *stall*. *Drag* akan terus mengalami pertambahan seiring dengan pertambahan seiring dengan bertambahnya sudut serang. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya daerah separasi yang terjadi. Ketika suatu aliran melalui permukaan aerofoil, sehingga timbul perubahan pada tekanan statis. Untuk mengekspresikan distribusi tekanan,

maka digunakan koefisien tekanan yang dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$C_p = \frac{P - P_\infty}{q} = \frac{1 - V^2}{V} \quad (2.30)$$

Harga koefisien tekanan positif menunjukkan tekanan lokal pada permukaan aerofoil lebih tinggi daripada harga pada aliran bebasnya (*free stream pressure*). Begitu juga sebaliknya untuk harga negatif menunjukkan bahwa tekannya lebih rendah dari harga pada tekanan aliran bebasnya.



Gambar 2.12. Distribusi Tekanan Pada Aerofoil (Marchaj,1982)

Harga koefisien tekanan yang negatif pada permukaan bagian atas aerofoil berhubungan dengan kenaikan harga lift. Begitu juga harga positif pada permukaan bawah memberikan kontribusi pada koefisien lift. Luas antara permukaan bagian atas dan bawah dari distribusi tekanan proporsional dengan harga lift.

5. Penentuan Luas Layar

Tahanan total dari suatu kapal dapat dipakai sebagai dasar untuk menentukan luas layar minimum yang harus dibentangkan pada saat kapal berlayar, agar dapat dicapai

kecepatan yang direncanakan. Luas layar dapat dicari dari besarnya gaya minimum yang bekerja melawan tahanan total kapal. Gaya lawan tersebut adalah gaya yang disebabkan oleh angin yang bekerja terhadap layar. Jadi tekanan angin pada luas layar adalah sama dengan gaya dorong yang melawan tahanan total kapal. Hubungan antara tahanan total kapal dengan gaya dorong kapal menurut teori propulsi Molland (2011) adalah sebagai berikut :

$$T = \frac{R}{1-t} \quad (2.31)$$

dimana : T = Gaya dorong (kg)

R = Tahanan total kapal (lbs)

Dalam mengestimasi performa dari kapal layar diperlukan untuk memprediksi gaya yang dihasilkan oleh layar.

$$\text{Driving force } (T_L) = q \cdot A_s \quad (2.32)$$

dimana: Dynamic wind pressure (q) = $\frac{1}{2} \times \rho \times \xi \times v_w^2$ (ton/m²),

Air mass density (ρ) = γ/g ,

Weight per unit volume (γ) = 1.2265 t/m³,

g = 9.81 ms⁻²,

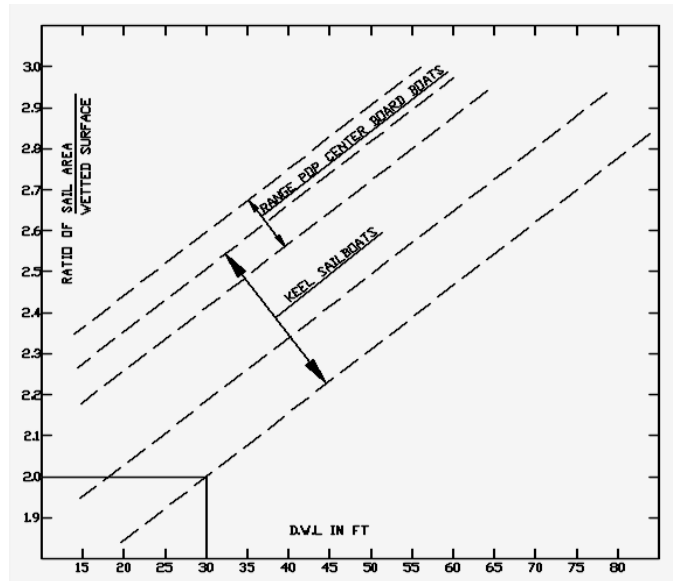
ξ = koefisien tekanan angin. (1.1),

v_w = kecepatan angin,

A_s = luas layar.

Hampir secara keseluruhan kapal layar mempunyai harga perbandingan luas layar (A_s) dengan luas permukaan basah (WSA) adalah antara 2.0 and 2.5. Perbandingan luas layar (A_s) dengan luas permukaan basah (WSA) biasa dikenal sebagai *sail ratio* (SR), (Larson, 2007).

Ada cara lain menurut Kinney (1977), dimana penentuan SR tergantung dari LWL kapal dengan menggunakan grafik yang diperlihatkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Grafik hubungan SR dengan LWL

Gambar 2.13 memperlihatkan grafik hubungan SR dengan LWL yang bisa dipergunakan untuk merencanakan layar dengan batasan LWL 15 – 80 feet atau 5 – 25 m. Cara menggunakan grafik: masukkan LWL pada absis, kemudian tarik garis vertikal ke atas sampai memotong garis keel sail boat atau centre board boat selanjutnya tarik garis horizontal ke ordinat ratio (SR) of *sail area/wetted surface area*. Sebagai contoh: LWL 14.5 m (47.56 feet), kemudian tarik garis vertikal ke atas sampai memotong garis *keel sail boat* atau *centre board boat* selanjutnya tarik garis horizontal ke ordinat ratio of *sail area/wetted surface area* maka akan didapat hasil SR *keel sail boat* sekitar 2.5 dan SR *centre board boat* sekitar 2.7. Jadi untuk harga WSA 50 m² didapat luas layar sekitar 125 m² dan 135 m². *Keel sail boat* atau *centre board boat* lokasi penempatan tiang layar (*jib*). Bagaimanapun juga pada kenyataan operasional kapal layar, gaya dorong yang dihasilkan oleh layar tidak selalu

tergantung pada arah dan kecepatan angin saja, tetapi juga tergantung pada *skill* dari operator yang menangani pengoperasian layar.

2.2.4.4 Tenaga Penggerak Kombinasi

Ada beberapa kombinasi tenaga penggerak yang dipakai pada kapal ikan ini, meliputi: mesin-panel surya, mesin-layar, panel surya-layar, mesin-panel surya dan layar, mesin-sel surya dan layar surya, (Santosa dan Utama, 2013).

2.3 Teori Kombinasi dan Regresi Linier

2.3.1 Kombinasi

Kombinasi adalah pengaturan elemen-elemen dari sebuah himpunan dimana urutan dari elemen-elemen tersebut tidak diperhatikan (Arora, 2010). Dari sebuah himpunan yang memiliki n elemen, banyaknya kombinasi yang berukuran (kombinasi dengan jumlah elemen) r ditulis sebagai $C(n,r)$ atau ${}_nC_r$ atau nC_r . Formulasinya menurut Arora (2010), adalah :

$$C(n,r) = {}_nC_r = {}^nC_r = \frac{n!}{r! (n - r)!} \quad (2.33)$$

Dimana : $n!$ (n faktorial) = $n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 1$ dan $0! = 1$,

2.3.2 Regresi Linier

Menurut Bhattacharyya dan Johnson (1977), Regresi Linear Sederhana adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab (X) terhadap Variabel Akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan Predictor sedangkan

Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan Response. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (*Simple Linear Regression*) juga merupakan salah satu Metode Statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Model Persamaan Regresi Linear Sederhana adalah seperti berikut ini :

$$Y = a + bX \quad (2.34)$$

Dimana : Y = Variabel Response atau Variabel Akibat (Dependent)

X = Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (Independent)

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan); besaran Response yang ditimbulkan oleh Predictor.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan Rumus dibawah ini :

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \quad (2.35)$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.36)$$

Berikut ini adalah Langkah-langkah dalam melakukan Analisis Regresi Linear Sederhana :

1. Tentukan tujuan dari melakukan Analisis Regresi Linear Sederhana
2. Identifikasikan Variabel Faktor Penyebab (*Predictor*) dan Variabel Akibat (*Response*)
3. Lakukan Pengumpulan Data
4. Hitung $\sum x^2$, $\sum y^2$, $\sum xy$ dan total dari masing-masingnya

5. Hitung a dan b berdasarkan rumus diatas.
6. Buat Model Persamaan Regresi Linear Sederhana.
7. Lakukan uji linearitas terhadap Variabel Faktor Penyebab atau Variabel Akibat.

- Uji Linieritas:

Untuk menguji apakah variabel-variabel yang termuat pada sebuah *trendline* mempunyai keterhubungan/koneksitas, hal tersebut bisa dilakukan dengan metode-metode statistik yang salah satunya dengan uji linearitas pada suatu unit data. Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel mempunyai hubungan yang linear atau tidak secara signifikan. Uji ini biasanya digunakan sebagai prasyarat dalam analisis korelasi atau regresi linear. Pengujian pada metode *trendline / fitting line* dengan pada taraf signifikansi 0,10. Dua variabel dikatakan mempunyai hubungan yang linear bila signifikansi (*Linearity*) kurang dari 0,10.

- Aplikasi Metode Regresi Linier

Dengan menggunakan suatu unit data yang tertera pada Tabel 2.3, kita dapat mengambil variabel *X* dan variabel *Y* untuk membuktikan keterhubungan/koneksitas dari ke dua variabel tersebut.

Tabel 2.3 Data perhitungan regresi linier

Jumlah data	x (Fr)	y (R_T)	x^2	y^2	xy
1					
↓					
n					
Σ	X	Y	X^2	Y^2	XY

- Menghitung harga rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} \quad (2.37)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2.38)$$

- Menghitung jumlah kuadrat (S^2):

$$s^2x = \sum x^2 - n \cdot \bar{x}^2 \quad (2.39)$$

$$s^2y = \sum y^2 - n \cdot \bar{y}^2 \quad (2.40)$$

- Menghitung harga konstanta dan koefisien regresi:

$$b_0 = \frac{S_{xy}}{S^2x} \quad (2.41)$$

$$a_0 = \bar{y} - b_0 \cdot \bar{X} \quad (2.42)$$

- Menghitung korelasi sampel (r_o):

$$S_{xy} = \sum xy - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y} \quad (2.43)$$

$$r_o = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S^2x \cdot S^2y}} \quad (2.44)$$

- Menghitung koefisien determinasi (r_o^2) :

$$r_o^2 = r_o \cdot r_o \quad (2.45)$$

- Mencari jumlah kuadrat yang disebabkan oleh kesalahan pengganggu (*sum of square to error*)

$$Sse = S^2y - b_0^2 \cdot S^2x \quad (2.46)$$

- Menghitung penduga tak bias dari varians

$$S^2 = \frac{Sse}{(n-2)} \quad (2.47)$$

- Menghitung estimasi standar error dari b_0

$$Se(b_0) = \frac{S^2}{S^2_x} \quad (2.48)$$

- Menghitung $t_{\text{observasi}} (t_0)$

$$t^0 = \frac{b^0}{Se(b^0)} \quad (2.49)$$

- Membuat hipotesa dari data yang telah dipilih dengan menggunakan :
 - a. Hipotesa nol, $h_0 : b_0 = 0$, artinya $b_0 = 0$ tidak dapat digunakan sebagai penduga yang berarti.
 - b. Hipotesa alternatif: $H_a : b_a > 0$, artinya $b_a > 0$ dapat digunakan sebagai penduga yang berarti dengan nilai positif.

Dalam pengujian hipotesa digunakan tingkat kepercayaan untuk uji satu sisi sebesar $\alpha = 0.5 \%$, dengan derajat kebebasan sebesar $df = n - 2$

- Menghitung nilai $t_{\text{observasi}}$ dibandingkan dengan nilai t_{tabel} .

Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

$$h_0 : b_0 = 0$$

$$h_a : b_a > 0$$

$$df = n - 2$$

$$\alpha = 5 \%$$

$$t_{(\alpha)(df)} = \dots (\text{dari tabel})$$

- Menghitung nilai $F_{\text{observasi}}$ dibandingkan dengan nilai F_{tabel} .

Uji F ini sering disebut dengan analisa variasi

$$F_o = (t_o)^2 \quad (2.50)$$

$$F_{\text{tabel}} = (t_{\text{tabel}})^2 \quad (2.51)$$

Keterangan arti fisik dari analisa, sbb:

Nilai b_o artinya bila harga X naik satu satuan, maka diharapkan harga Y akan naik sebesar b_o

Nilai a_o artinya bila harga $X = 0$, maka harga Y sebesar a_o

Nilai r_o artinya menggambarkan keeratan hubungan antara variabel bebas X dan variabel tak bebas Y sangat erat sekali hampir mendekati kenyataannya, sementara harga r_o itu sendiri antara 0 dan 1 ($0 < |r| < 1$)

Nilai $r_o^2 = 0.986$, artinya dari data yang dianalisa, ada kontribusi dari X terhadap variasi naik turunnya Y sebesar ($r_o^2 \times 100\%$), sedang sisinya sebesar [$100\% - (r_o^2 \times 100\%)$], disebabkan faktor lain yang tidak tertangkap model.

Nilai $t_o > t_{\text{tabel}}$, maksudnya h_o ditolak atau dengan kata lain h_a diterima yang menyatakan $b_o > 0$. Hal ini berarti nilai b_o dapat diterima sebagai penduga dari persamaan regresi.

Nilai $F_o = (t_o)^2 > F_{\text{tabel}} = (t_{\text{tabel}})^2$, maka h_o ditolak, berarti sebagian dari variasi naik turunnya dari Y merupakan dari harga X dan ini merupakan pengaruh linier dengan nilai $b_o > 0$.

Jadi persamaan regresi linier yang dihasilkan adalah

$$Y = a_o + b_o X \quad (2.52)$$

atau

$$Y_{\text{variabel tak bebas}} = a_o + b_o X_{\text{variabel bebas}} \quad (2.53)$$

2.4 Teori Stabilitas Kapal

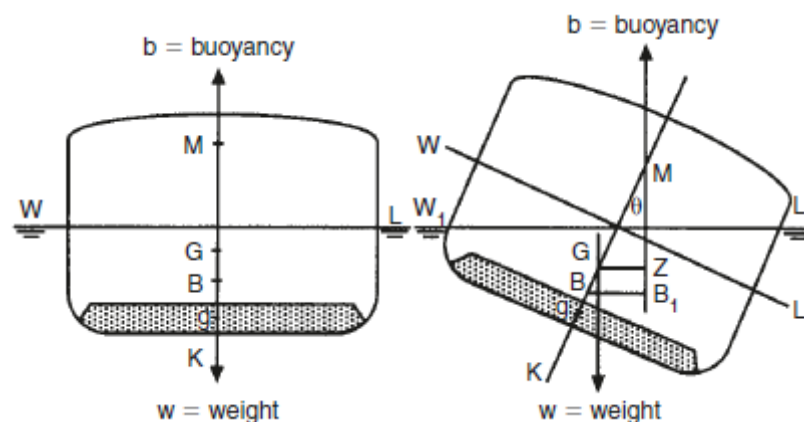
2.4.1 Stabilitas kapal

Stabilitas adalah kemampuan kapal kembali ke posisi awal setelah mengalami olengan yang disebabkan oleh gaya luar yaitu gelombang atau angin, (Barrass, 1991).

Menurut Barrass (1991), faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas adalah:

- 1) Nilai dari GM, semakin besar nilai dari GM semakin baik kemampuan balik pada posisi semula setelah kapal mengalami oleng.
- 2) Semakin besar lengan momen, semakin besar momen kopel (*righting moment*) yang terjadi. Sehingga memiliki lengan pengembali yang lebih besar.
- 3) Faktor bentuk dipengaruhi oleh letak titik G (titik berat), semakin rendah titik berat kapal maka nilai dari GM semakin besar.
- 4) Faktor berat dipengaruhi oleh letak titik B (titik tekan keatas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang ada didalam air). Jadi titik B ini dipengaruhi oleh bentuk kapal dibawah permukaan air, semakin besar nilai WSA semakin baik karena merupakan titik tekan keatas yang menyebabkan letak metasentra menjadi lebih tinggi.

Rumus yang dipergunakan, (Barrass, 1991) :



Gambar 2.14. Titik-titik penting stabilitas kapal

$$GM = KB + BM - KG \quad (2.54)$$

$$GZ = GM \times \sin \theta \quad (2.55)$$

Lengan stabilitas (GZ) menunjukkan besarnya momen oleng pada setiap sudut oleng yang digunakan untuk mengetahui momen kopel atau momen yang menunjukkan kemampuan kapal untuk bisa kembali pada posisi semula. Nilai GZ berbeda-beda pada setiap kondisi muatan kapal. Sedangkan untuk kapal katamaran sudut oleng ϕ pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 10° (HSC, 2000). Secara keseluruhan kapal katamaran memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan kapal lambung tunggal (Utama, 2009).

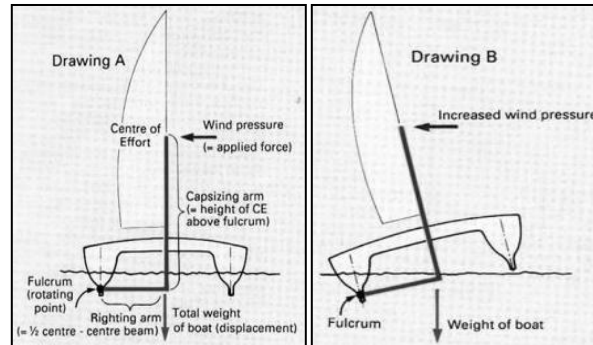
Kapal ikan katamaran hybrid yang dirancang ini, asesmen stabilitasnya akan dilakukan pada konfigurasi, sbb:

- 1) Konfigurasi kapal ikan katamaran tanpa layar
- 2) Konfigurasi kapal ikan katamaran dengan layar

Menurut Marchaj (2003), penggunaan layar pada kapal prinsip dasarnya adalah layar dapat bekerja pada nilai FR (*driving force*) maksimal dan menekan besarnya FH (*heeling force*). Driving force atau gaya dorong berkaitan dengan kemampuan layar dalam mencapai kecepatan yang diinginkan, dan heeling force atau gaya oleng berkaitan dengan sudut oleng yang dihasilkan layar terhadap lambung kapal dan berhubungan erat dengan keselamatan kapal pada saat berlayar.

Sedangkan menurut Wharram (2012), stabilitas pada kapal katamaran yang menggunakan layar adalah layar selain menghasilkan gaya dorong juga menerima gaya samping yang berpengaruh terhadap keolengan kapal pada saat belayar. Sudut oleng yang terjadi dengan pemasangan layar pada kapal tidak boleh sampai membahayakan kapal pada saat kapal berlayar. Perhitungan stabilitas layar

tergantung dari beberapa faktor yaitu luas layar (SA), lengan kopel (H), gaya tekanan angin (P).



Gambar 2.15. Gaya yang bekerja pada kapal katamaran ketika sedang berlayar (Wharram, 2012)

$$W_{\text{Boat}} \times \text{Right arm} = \text{Wind press} \times \text{Capsize arm} \quad (2.56)$$

(Righting moment) (Capsizing moment)

Gambar 2.15 (a) dan (b) memperlihatkan gaya yang bekerja pada kapal katamaran ketika sedang berlayar. Gaya yang bekerja tersebut menyebabkan kapal miring kearah melintang kapal (*heeling*) pada sudut tertentu, yang akan di lawan dengan lengan pembalik kapal dikalikan displasemen yang membuat kapal kembali kedudukan semula (tegak).

- Stabilitas Kapal Layar

Banyak sekali faktor yang mempengaruhi stabilitas sebuah kapal, dan kebanyakan dari faktor-faktor tersebut adalah bersifat sementara. Ada dua buah gaya yang bekerja pada lambung : *bouyancy*, yang bekerja secara vertikal ke atas sepanjang garis *centre of bouyency* (CB) dan gaya gravitasi yang bekerja secara vertikal ke bawah sepanjang garis *center of gravity* (CG). Kedua gaya tersebut masing-masing besarnya sama dengan berat kapal, dan ketika berada di atas air kedua gaya tersebut besarnya sama dan bekerja saling berlawanan di sepanjang garis vertikal yang sama. Hal ini bisa

dilihat dari kapal yang tidak sedang bergerak dan masih berada di atas air, sehingga kapal tersebut bisa dikatakan dalam kondisi seimbang (*even keel*). *Centre of bouyancy* (CB) adalah titik pusat geometris dari volume bagian badan kapal yang berada di bawah air. Apabila kapal oleng, maka bagian lambung yang berada di bawah air akan berubah, dan CB akan bergerak/berubah posisi secara horizontal dan tetap secara vertikal berada pada *geometrical centre* dari bagian lambung yang berada di bawah air. Meskipun diasumsikan tidak ada gerakan pada kapal, CG akan tetap berada pada posisi yang sama pada lambung kapal. Dengan demikian kita mendapatkan kondisi dimana gaya gravitasi yang bekerja ke arah bawah dan gaya *bouyancy* yang bekerja ke arah atas berada tidak pada satu garis vertikal. CB akan selalu bergerak ke sisi yang lebih rendah dari lambung, karena bagian lambung yang tercelup air akan bertambah pada saat kapal oleng. Sehingga lengan gaya positif akan terbentuk dari *bouyancy* yang bekerja ke atas dan gaya gravitasi yang bekerja ke bawah, pada kondisi ini dapat membuat kapal terangkat dan kembali ke posisi seimbang (*equilibrium*). Sifat stabilitas sendiri pada lambung kapal cenderung akan menghasilkan *righting force* yang kuat terlebih pada saat kapal oleng. Hal tersebut merupakan detail dari karakteristik stabilitas yang berkaitan dengan keselamatan kapal.

Sebagai hasil dari kombinasi arah gaya aerodinamis, hidrodinamis, gravitasi dan gaya apung maka posisi lambung kapal bisa bervariasi berdasarkan tiga luasan, yaitu :

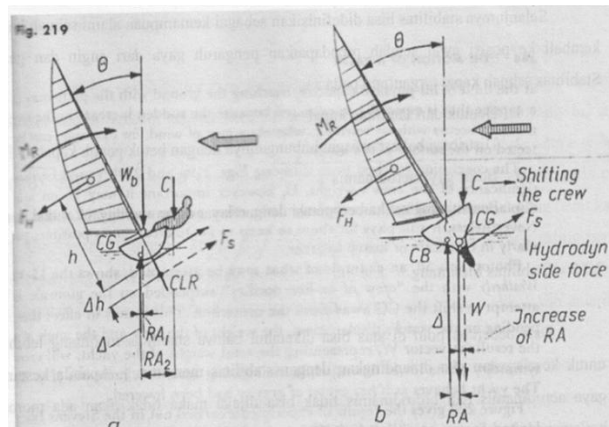
- a. Luasan *midship* (*heeling* dan *rolling*)
- b. Luasan simetri (perubahan *trim* melintang, *pitching*)
- c. Luasan pada saat load waterline (perubahan arah gerak *yawing*)

Dari beberapa poin di atas dapat diketahui bahwa stabilitas melintang lebih penting untuk keselamatan jika dibandingkan dengan stabilitas memanjang. Apabila keseimbangan gaya aerodinamis dan hidrodinamis tidak bisa dijaga maka tidak akan ada momen yang berlawanan dengan momen *heeling* (MH), dan selanjutnya kapal

akan terus miring dengan sudut θ dan akan terus bertambah selama tidak ada momen yang berlawanan. Sehingga dibutuhkan MR (*Righting moment*) yang berlawanan dengan MH (*moment heeling*) yang secara matematis dapat ditulis :

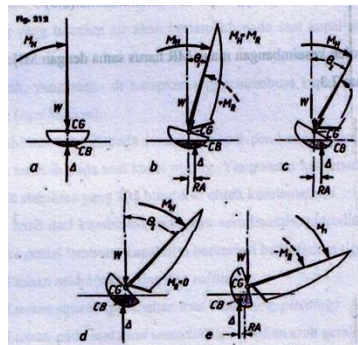
$$M_R = \Delta \times RA \quad (2.57)$$

Untuk memperoleh keseimbangan maka MR harus sama dengan MH. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. visualisasi momen heeling dan momen pengembali (Marchaj, 1982)

Apabila θ bertambah maka momen *heeling* juga akan semakin bertambah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Pertambahan sudut heeling kapal (Marchaj,1982)

Dengan menganalisa gambar di atas dimana diasumsikan gerakan kapal adalah *steady* begitu juga dengan θ , maka righting momen akan konstan dan MR tetap harus seimbang dengan *heeling momen*. Sehingga di dapatkan :

$$MH = MR = FH \times (h \times \Delta h) \quad (2.58)$$

Di mana :

1. h adalah tinggi dari CE (*Center of effort*) ke CLR (*Center of lateral resistance*)
2. $(h \times \Delta h)$ adalah jarak dari CE (*Center of effort*) ke CLR (*Center of lateral resistance*) ketika *centerboard* pada posisi rendah atau miring.

2.4.2 Persyaratan stabilitas

Kriteria stabilitas menurut peraturan *FAO/ILO/IMO Voluntary Guidelines for the Design, Contruction, and Equipment of Small Fishing Vessel [2005]* atau *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975* dan *HSC annex 7, IMO 2016*.

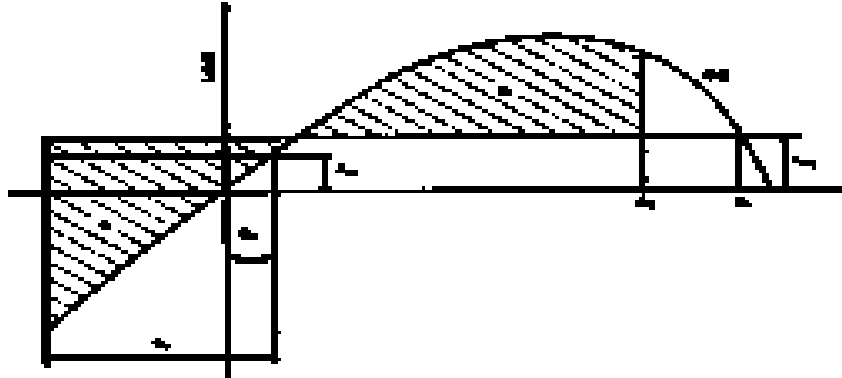
Tujuan sebenarnya dari peraturan ini adalah untuk merekomendasikan kriteria stabilitas minimum dari sebuah kapal sehingga dapat meminimalkan adanya resiko yang membahayakan bagi para awak kapal dan lingkungan sekitar. Peraturan ini berlaku untuk kapal-kapal atau angkutan air yang panjangnya kurang dari 24 m, yaitu :

1. Luas di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai sudut 30° tidak kurang dari 0.055 m.rad
2. Luas di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai sudut 40° , tidak kurang dari 0.090 m.rad

3. Luas di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut 30° dan sudut 40° atau antara sudut 30° dan sudut downflooding (θ_f) jika sudut tersebut kurang dari 40° , tidak kurang dari 0.030 m.rad
4. Lengan pengembali GZ pada sudut oleng sama atau lebih dari 30° minimal 0.20 m
5. Lengan pengembali maksimum terjadi pada oleng tidak boleh kurang dari 10°
6. Tinggi matacenter awal (GM_0) tidak boleh kurang dari 0.35 m

Kriteria stabilitas tambahan, karena penggunaan layar harus memenuhi persyaratan daya tahan terhadap angin dan rolling (kriteria cuaca) dengan kriteria berikut :

1. Sudut oleng pada kondisi steady wind tidak lebih besar dari 16°
2. Perbandingan pada sudut oleng pada kondisi steady wind dengan sudut geladak tenggelam tidak lebih besar dari 80%
3. Luas area “b” harus lebih besar dari rea “a” ($b \geq a$)



Gambar 2.18. Kriteria cuaca (Intact Stability Code, 2002)

Keterangan : θ_0 = sudut oleng pada kondisi steady wind : 16° atau 80% sudut geladak tenggelam, diambil yang terkecil, dianjurkan sampai maksimum

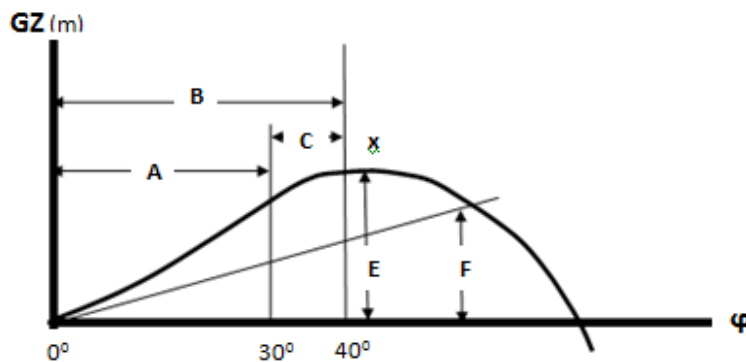
θ_1 = sudut putar (roll) arah dari mana angin bertiup karena kondisi gelombang

θ_2 = minimum dari θ_f , 50° , θ_c

θ_f = sudut oleng di mana bukaan pada lambung, bangunan atas atau rumah gladak yang tidak dapat tertutup kedap air, tenggelam.

θ_c = sudut pada perpotongan kedua antara lengan oleng angin (wind heeling lever – $1w_2$) kurva lengan stabilitas GZ.

Menurut Hind (1982), kapal ikan yang terdaftar dengan panjang (L) 12 m atau lebih dipersyaratkan memenuhi spesifikasi agregat stabilitas minimum (*Under United Kingdom Regulation, The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975*), seperti yang tertuang pada Tabel 4.



Gambar 2.19. Kurva stabilitas statis, (Hind, 1982)

Gambar 2.19 memperlihatkan kurva stabilitas statis yang terjadi pada kapal ikan yang mana hasilnya tergantung pada harga KB, BM, KG dan GM. Hasil luas area lengan stabilitas statis tersebut dipergunakan sebagai agregat persyaratan stabilitas minimum kapal ikan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975*, (Hind, 1982)

No	Deskripsi	Syarat	Satuan
A	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30°	$\geq 0,055$	m.rad
B	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40°	$\geq 0,090$	m.rad
C	Luas area lengan Stab. Statis antara 30° - 40°	$\geq 0,030$	m.rad
x	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^\circ$	$\geq 0,200$	m
E	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	$\geq 25^\circ$	degree
F	GM awal	$\geq 0,150$	m

2.4.3 Periode oleng (T)

Periode oleng adalah waktu yang dialami oleh kapal pada saat oleng ke kiri (P) dan oleng ke kanan (S). Gerakan oleng pada kapal ini biasanya disebut gerak Roll.

Tabel 2.5. Periode oleng, (Hind, 1982)

GM (m)	Klasifikasi	Periode Roll (detik)
		$T = \frac{1,108 k}{\sqrt{GM}}$
Under 0,6	Tender	6 - 10
0,6 – 0,8	Average	5,5 - 9
1 – 1,2	Stiff	5 – 8,5
1,2 over	Very stiff	4 - 7

dimana : k = Jari-jari girasi

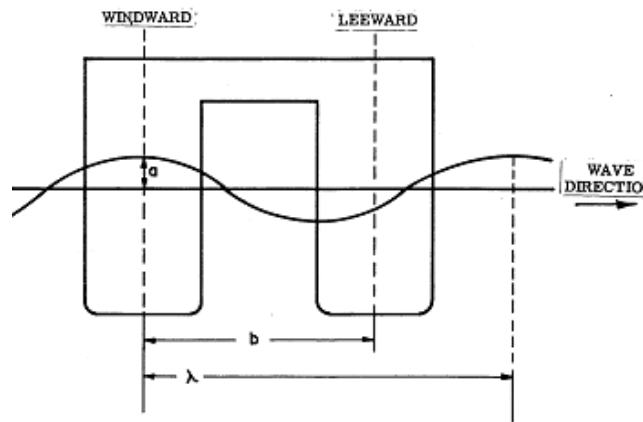
2.5 Teori Gerak Kapal

Gerak kapal adalah respons gerakan kapal ketika menerima usikan dari luar (*external*) dimana dalam hal ini diakibatkan oleh pukulan gelombang (Bhattacharyya, 1978) atau dengan kata lain adalah merupakan salah satu aspek dalam hidrodinamika yang mempelajari perilaku kapal di atas gelombang.



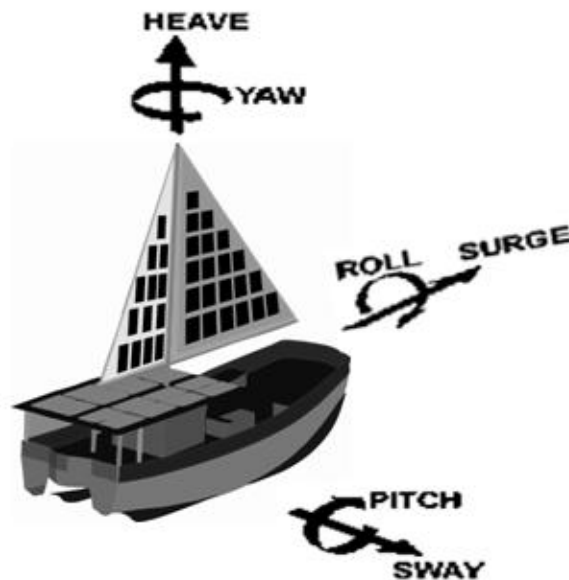
Gambar 2.20. Ilustrasi respon gerak

Gambar 2.20 memperlihatkan ilustrasi respon kapal, dimana Gelombang sebagai input kapal menerima kapal sehingga menimbulkan gerakan dinamis kapal sebagai outputnya (Bhattacharyya, 1978). Analisa gerakan dinamis kapal ini sangat tergantung pada informasi karakteristik gelombang tempat kapal akan dioperasikan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Parameter gelombang pada kapal katamaran

Gerakan dinamis kapal tersebut cenderung menimbulkan gaya pengembali yang berfungsi mengembalikan kapal pada posisi semula. Gerakan dinamis kapal diperlihatkan dalam enam derajat kebebasan, yaitu : tiga adalah gerak linear/translasi dan tiga lagi berupa gerak rotasi, semua gerakan tersebut berbasis pada tiga sumbu (x,y,z) seperti Gambar 2.22.



Gambar 2.22. Gerakan Dinamis Kapal dengan 6 Derajat Kebebasan

- (1) Gerak *surging*/bujur, yaitu gerak horisontal pada arah sumbu x
- (2) Gerak *swaying*/lintang, yaitu gerak horisontal pada arah sumbu y
- (3) Gerak *heaving*/jungkit, yaitu gerak vertikal pada arah sumbu z
- (4) Gerak *rolling*/oleng, yaitu gerak putar pada arah sumbu x
- (5) Gerak *pitching*/ungkit, yaitu gerak putar pada arah sumbu y
- (6) Gerak *yawing*/pusingan, yaitu gerak putar pada arah sumbu z

2.5.1 Gerak *heaving*

Persamaan gerak bebas heaving dapat dituliskan sebagai berikut :

sehingga persamaan gerak karena pengaruh gelombang :

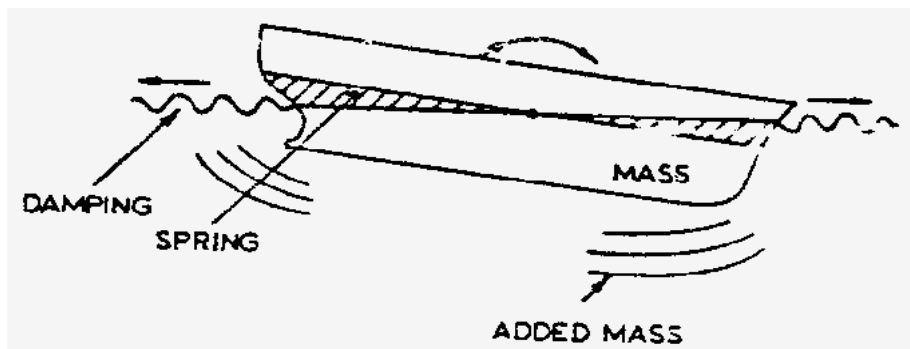
$$(m + a) \ddot{z} + b \dot{z} + cz = F(t) \quad (2.60)$$

dimana:

$F(t)$ = gaya yang ditimbulkan karena pengaruh gelombang pada model kapal.

2.5.2 Gerak *pitching*

Gerak *pitching* adalah gerak berputar kapal pada sumbu melintang y , yang disebabkan oleh gerak anggukan naik dan turunnya haluan maupun buritan kapal. Gerakan ini sangat bergantung pada kondisi gelombang, kecepatan kapal dan arah kecepatan kapal terhadap gelombang. Gerak *pitching* juga merupakan gerak angular kapal yang diperlihatkan pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24. Sketsa dari gerak *pitch*

Adapun persamaan gerak bebas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$(mk^2 + a) \ddot{\theta} + b \dot{\theta} + c \theta = 0 \quad (2.61)$$

sehingga persamaan gerak karena pengaruh gelombang :

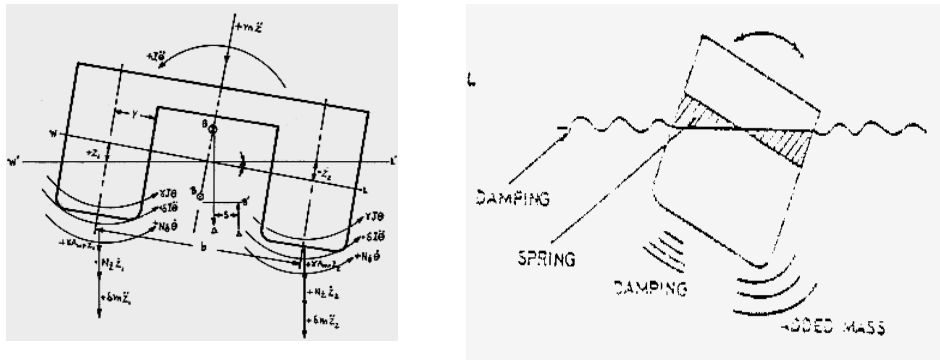
$$(mk^2 + a) \ddot{\theta} + b \dot{\theta} + c \theta = M(t) \quad (2.62)$$

dimana:

$M(t)$ = momen gaya yang ditimbulkan karena pengaruh gelombang pada model kapal.

2.5.3 Gerak *rolling*

Gerak *rolling* adalah gerak putar (oleng) kapal pada sumbu x, gerakan ini harus mendapat perhatian karena gerakan ini dapat menimbulkan sudut dinamis yang besar, dimana energi atau gaya gelombang akan menimbulkan eksitasi rolling yang ekstrim pada frekuensi resonansi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25. Gaya dan Momen dari Gerak *Rolling* yang bekerja pada kapal katamaran

Persamaan gerak *rolling* :

$$(mk^2 + a)\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = 0 \quad (2.63)$$

Pada Gerakan dinamis kapal parameter yang diukur antara lain berupa : respons gerakan *heaving*, *pitching* dan *rolling* serta kemungkinan adanya *slamming* dan *deck wetness*.

Batasan mengenai kriteria unjuk kerja *seakeeping* berhubungan dengan aspek khusus dari respon kapal terhadap kondisi laut, seperti amplitudo gerak *roll/pitch/heave* pada titik (area) tertentu di atas kapal. Setiap aspek gerakan, jika mempunyai nilai yang tinggi akan dapat memungkinkan adanya elemen kapal mengalami degradasi sampai pada tingkat yang tidak wajar.

Menurut Indiyono (2010) dan Djatmiko (2012), metode yang digunakan untuk menganalisa olah gerakan dinamis kapal adalah metode *Difraksi* dan *Bentley Motion* dengan type spektrum JONSWAP. Hasil perhitungan yang diperoleh adalah:

1. Gerakan kapal yaitu *heaving, pitching, rolling* yang didefinisikan sebagai amplitudo, velositi, akselerasi yang mengakibatkan deck wetness.
2. Hambatan (*added resistance*) yang timbul akibat pengaruh gelombang dan arah masuk gelombang (*wave heading*).
3. Gaya dinamis yang bekerja pada kapal.
4. Nilai MSI (*Motion Sickness of Incident*) pada beberapa lokasi pantauan.
5. Struktural Respon (RAOs) pada tiap gerakan kapal

Response Amplitude Operators (RAO) dihitung berdasarkan Persamaan (2.64) berikut:

$$RAO_{(\omega)} = \frac{\chi}{\zeta_a} \quad (2.64)$$

2.6 Teori perhitungan Polusi Udara

Perhitungan polusi udara (*CO₂ index* atau *EEDI*) akan dijabarkan kedalam beberapa sub bab. Dimana terdapat tiga formula yang didapatkan dari studi literatur Lattore (2010), regulasi IMO (2012) beserta aturan polusi yang di dapat dari biro klasifikasi GL (2013).

2.6.1 Berdasarkan Korol dan Lattore, (2010)

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$EI = Ki.SFR.Kw.T.\lambda \quad (2.65)$$

Dimana:

Ki = emisi per ton dari bahan bakar yang dibakar (Kg/Ton fuel)

SFR = *specific fuel consumption* (gm/kW.hr)

Kw = daya mesin (Kw)

T = waktu operasi dari mesin kapal (hr)

λ = *CO₂ conversion* (ton CO₂/Kg).

Regulasi tentang pencemaran lingkungan oleh kapal-kapal yang dikeluarkan oleh IMO (2012) hanya berlaku pada kapal > 450 GT, sedangkan aturan mengenai polusi udara yang dikeluarkan oleh GL (2013) hanya berlaku pada kapal baru dan itupun tidak termasuk kapal ikan. Melihat hal tersebut Korol dan Lattore (2010) mengakomodir pengukuran polusi udara untuk semua kapal ikan yang berpotensi mencemari atmosfer udara. Penelitian Disertasi ini adalah “Kapal Ikan Katamaran: Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan Performa Kapal yang Ramah Lingkungan”. Kapal ikan yang dirancang ini ukuran kecil dengan kapasitas < 450 GT, maka pengukuran pencemaran udara yang sesuai dengan menggunakan formulasi Korol dan Lattore.

2.6.2 Berdasarkan regulasi IMO (2012)

Dalam rangka mengukur besarnya pencemaran lingkungan oleh kapal-kapal yang ada maka IMO mengeluarkan regulasi tentang *Energy Efficiency Design Index (EEDI)* yang diberlakukan pada kapal-kapal dengan kapasitas 450 GT atau lebih, Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya potensi dan level pencemaran udara oleh gas beracun (CO₂, NO_x dan SO_x) dan usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi level pencemaran tersebut, EEDI dapat digunakan untuk mengukur besarnya efisiensi CO₂ (IMO, 2012).

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$EEDI = \frac{P \times SFC \times C_F}{C \times V} \quad \text{gmCO}_2/\text{tonne,mile} \quad (2.66)$$

Dimana:

P = daya mesin (Kw)

sfc = specific fuel consumption (gm/kW.hr)

C_F = CO₂ conversion (ton CO₂/Kg)

C = kapasitas kapal (GT)

V = kecepatan kapal (knots).

2.6.3 Berdasarkan Rules GL (2013)

Berdasarkan aturan GL 2013 pada bagian *Required EEDI* , mengatakan bahwa nilai maksimum dari attained EEDI seperti yang tertera pada tabel di bawah dimana formula untuk menghitung required EEDI adalah :

$$\text{Required EEDI} = a b^{-c} \quad (2.67)$$

Dimana nilai a, b, c dapat dilihat di Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6. Nilai koefisien untuk menghitung required EEDI (GL 2013)

Ship Type	a	b	c
Bulk Carriers	961.79	DWT	0.477
Gas Carriers	1120.20	DWT	0.456
Tankers	1218.80	DWT	0.488
Container Ships	174.22	DWT	0.201
General Cargo Ships	107.48	DWT	0.216
Refrigerated Cargo Ships	227.01	DWT	0.244
Combination Carriers	1219.00	DWT	0.488
Vehicle / Car Carriers	$(DWT/GT) \cdot 0.7 \cdot 780.36$ where $DWT/GT < 0.3$; $(DWT/GT) \cdot 0.7 \cdot 1812.63$ where $DWT/GT \geq 0.3$	DWT	0.471
Ro-Ro Cargo Ships	1405.15	DWT	0.498
Ro-Ro Passenger Ships	752.16	DWT	0.381
LNG Carriers	2253.7	DWT	0.474
Cruise Passenger ships having non conventional propulsion	170.84	GT	0.214

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan untuk mencapai tujuan pada penelitian disertasi dengan tema: “Kapal Ikan Katamaran : Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan performa kapal yang ramah lingkungan”, adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan persiapan

Definisi pekerjaan persiapan adalah mempersiapkan semua data informasi, metode dan misi yang diperlukan sebagai dasar pengembangan perancangan kapal ikan katamaran yang akan diusulkan. Dalam proses perancangan kapal pekerjaan persiapan ini disebut dengan istilah mempersiapkan platform desain. Secara kongkrit yang dimaksud dengan platform desain tersebut adalah sebagai berikut :

- Penelitian di mulai dengan studi literatur dan review penelitian terdahulu, dimaksudkan untuk mengetahui posisi penelitian ini. Data Lambung kapal katamaran dan Hambatan Kapal (R_T), menggunakan hasil eksperimen penelitian terdahulu dipergunakan sebagai input untuk optimasi desain dengan membuat pemodelan.
- Pemodelan Kapal
Pemodelan Kapal dilakukan dengan metode *Design re-use* yaitu proses desain dengan menggunakan data yang ada, (Maher, 1995). Data awal: ukuran utama kapal katamaran dan hasil eksperimen hambatan kapal di towing tank, (Utama, 2010).
- Rencana Garis
Dengan memasukkan data ukuran utama yang diolah menggunakan perangkat lunak *Delftship* menghasilkan data dan gambar rencana garis yang merepresentasikan konfigurasi kapal kondisi awal dengan ekstensi fbm

(*fbm). Dengan menggunakan perangkat lunak *rhinoceros*, data rencana garis extension fbm (*.fbm) diubah menjadi berekstensi igs (*.igs). Data rencana garis ini merupakan input untuk melakukan penggambaran dan perhitungan Kurva Hidrostatik.

- Kurva Hidrostatik

Penggambaran dan perhitungan Kurva Hidrostatik bisa diolah menggunakan *Delftship* atau *freeship* atau menggunakan perangkat lunak lainnya *Maxsurf* atau *Tribon*. Pengolahan data dengan *Maxsurf* harus menggunakan ekstensi igs (*.igs) , sementara dengan *Tribon* harus menggunakan ekstensi dxf (*.dxf) yang terlebih dahulu mengubah ekstensi igs (*.igs) melalui *acad*. Pada penelitian Disertasi ini hasil penggambaran dan perhitungan Kurva Hidrostatik diolah menggunakan *Delftship*, *Maxsurf* dan *Tribon*.

- Mengestimasi energy yang dibutuhkan dari beberapa sumber penggerak yang akan dipergunakan pada kapal ikan yang diusulkan, seperti: mesin, panel surya dan layar dengan jalan menghitung: hambatan kapal (RT), gaya dorong (T), tenaga penggerak (P)

2. Menentukan Konfigurasi Kapal ikan yang diusulkan

Melakukan simulasi kombinasi dari sumber penggerak diatas dengan tujuan untuk mendapatkan varian konfigurasi kapal ikan yang diusulkan.

3. Analisa dan evaluasi:

- Displasemen awal kapal divalidasi menggunakan metode kaidah prinsip *Naval Architect*
- Asesmen stabilitas kapal divalidasi menggunakan metode Krylov.
- Performa gerak dinamis (*Seakeeping*) yang terjadi.

Proses validasi menggunakan software aplikasi perkapalan (*delft*, *freeship*, *rhinoceros*, *tribon*, *maxsurf*, *ansys aqwa*, *acad*) dengan prosedur, sbb:

- Kurva Stabilitas

Pada penelitian Disertasi ini hasil penggambaran dan perhitungan Kurva Stabilitas diolah menggunakan *Tribon* dan program perhitungan excel metode krylov. Ada delapan konfigurasi kombinasi kapal ikan katamaran *hybrid* ini yang akan di asesmen stabilitasnya. Hasil perhitungan stabilitas tersebut dievaluasi dengan persyaratan stabilitas kapal ikan.

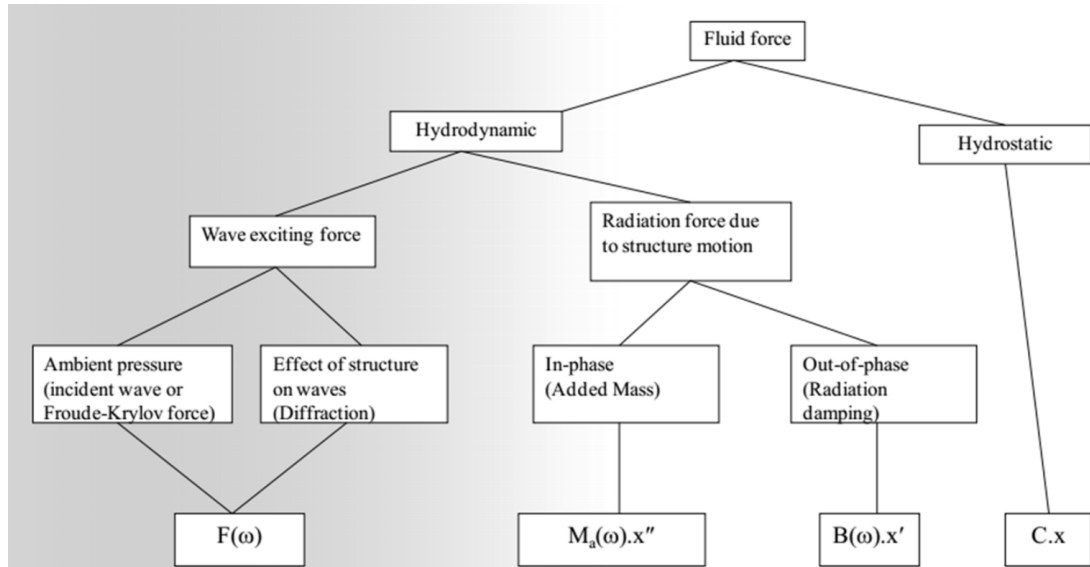
- *Seakeeping*

Penggambaran dan perhitungan *Seakeeping* diolah menggunakan *maxsurf-seakeeper*, *ansys aqwa* yang selanjutnya dari masing-masing hasil running dievaluasi dengan persyaratan indeks perfoma seakeeping (SPI) kapal ikan.

Pandangan umum mengenai *Ansys hydrodynamic analysis*:

Ansys aqwa adalah Modul yang terintegrasi untuk analisa hidrodinamika yang didasarkan metode difraksi / radiasi 3-D. Sedangkan *Ansys Workbench* mengimplementasikan hidrodinamika difraksi dan simulasi *time domain*. Dikembangkan sejak tahun 1971 (oleh WS Atkins) dan sejak tahun 2001 dimiliki dan dikembangkan oleh “Century Dynamics”, selanjutnya Century Dynamics diakuisisi oleh “ANSYS” Februari 2005. Sekarang yang terintegrasi ke dalam sistem “ANSYS Workbench”., Kemampuan *Ansys aqwa*: Difraksi/ Radiasi termasuk elemen Morison, Analisis Frekuensi domain, Stabilitas termasuk tali tambat, “*Time domain*” dengan gelombang tidakteratur, “*Time domain*” dengan gelombang hidup non-linear, Coupled cable dynamics, Beberapa interaksi hidrodinamika dan artikulasi (hingga 50 struktur), Transfer gerakan dan tekanan untuk model *Asas & Ansys fe*.

Tahapan pekerjaan pada *ansys aqwa* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Property dari *ansys aqwa*

Gambar 3.1 memperlihatkan property dari *ansys aqwa* dengan tahapan pengerjaan, sbb:

- Ansys Aqwa Hydrodynamic Diffraction
CAD / Maxsurf / Mosses / Solid Work => (igs / iges / Acis)
Design Modeller
Hydrodynamic Diffraction : Hydrostatic, RAO (Response Amplitude Operators), Pressures and Motions.
- Cad / Maxsurf / Mosses / Solid Work
Export model yang telah kita buat pada software design dengan format (igs / iges / Acis) :
☐ Pada Maxsurf / Mosses : Klik kiri file => export => DXF and IGES => format pilih 3D IGES => Text Format pilih Dos (CR/LF) => Geometry type pilih 3D Faces => ok

- ☐ Pada Autocad: Klik lambing Autocad dibagian paling atas sebelas kiri=> export => pilih format export (igs/ iges/ Acis) => save => block model dan enter

- Membuka Software Ansys
 - ☐ Start => pilih dan double klik icon Workbench 16 ATAU pilih dan klik icon Workbench 16 pada dekstop => maka akan muncul kotak dialog ANSYS Workbench Platorm. Kotak dialog ANSYS Workbench Platorm: merupakan *Project Schematic* yang dapat digunakan dalam suatu jenis analisa pada software ANSYS

- Membuat project baru pada *ansys aqwa*
 - ☐ Double klik pada Hydrodynamic Diffraction / klik Hydrodynamic Diffraction dan seret kebagian jendela warna putih kosong disebelah kanan.

 - ☐ Import Geometry :
 - Double klik pada “Geometry”
 - File => Import External Geometry => pilih model dengan format iges / igs / acis => ok

 - ☐ Tentukan satuan / unit yang digunakan dalam pemodelan :
 - klik unit pada toolbar => pilih satuan yang diinginkan. Nb : Satuan pada model yang di import akan mengikuti dari software saat model itu dibuat baik dari CAD / Maxsurf/ Mosses / Solid Work.

 - ☐ Memotong struktur berdasarkan draft :
 - pilih “slice” pada toolbar => base plane pilih XY plane => Apply
 - Klik “Generate” pada toolbar
 - Maka struktur akan terbagi menjadi dua bagian (diatas dan dibawah draft).

Keterangan: koordinat global struktur mengacu pada pada Cad / maxsurf/mosses model. Maka saat permodelan pada software tersebut disarankan untuk meletakkan titik (0,0,0) struktur pada midship dan water line.

☐ Merubah struktur menjadi bentuk surface :

-klik Tools pada toolbar => pilih “surface flip”

-Pilih semua bodies => klik Generate

-Maka struktur akan berubah menjadi bentuk *surface bodies*.

Keterangan : pada 2 part, 2 bodies (Angka 2 menunjukkan model kita dibagi menjadi 2 bagian yaitu di atas draft dan dibawah draft)

☐ Mengelompokkan surface bodies :

-Pada part, bodies pilih ATAS DRAFT dan BAWAH DRAFT

-Klik kanan => pilih form new part.

Keterangan : form new part digunakan untuk menyatukan model kita yang telah dibagi menjadi 2 bagian (diatas dan dibawah draft) setelah di slice.

☐ Memberi nama part :

-klik kanan pada part => pilih rename

-Berikan nama sesuai dengan keinginan (seperti: HCFV)

Keterangan : perintah rename juga dapat digunakan pada body yang telah di slice. Misalkan diberi nama (atas draft dan bawah draft)

- Hydrodynamic Diffraction

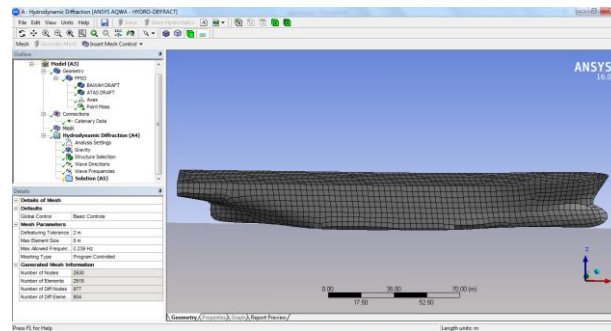
☐ Setelah melakukan proses “Edit Geometry” selanjutnya melakukan analisa Hydrodynamic Diffraction

- Close jendela Design Modeller

- Pilih dan double klik “Model” di kotak Hydrodynamic Diffraction

- Maka akan muncul Hydrodynamic Diffraction Window

- Mengisi data –data yang diperlukan untuk kelengkapan output dan report :
- Pada Hydrodynamic Diffraction Window isikan data –data yang diperlukan (data lingkungan, hasil analisa yang ingin dikeluarkan, pembagian heading, mooring system dll)
- Menentukan kedalaman perairan dan syarat batas :
 - Pilih Geometry
 - Isikan water depth, water X , water Z (untuk menentukan jarak cakupan perairan yang mempengaruhi struktur. Misal: (water depth = 120 m), water x = 1000 m, water z = 1000 m
- Menentukan point mass:
 - Klik kanan HCFV => Add => Point Mass => masukan data – data yang diperlukan. Keterangan: Point mass merupakan titik COG struktur yang diukur dari titik (0,0,0) struktur. Point mass digunakan sebagai titik acuan struktur dalam merespon gerakan dan stabilitas, serta titik RAO nya.
 - Data –data yang diperlukan berupa (COG kapal yang dihitung dari draft, nilai Kxx Kyy Kzz, dan massa struktur)
 Jika data yang diperlukan sudah memenuhi maka terdapat tanda centang hijau, jika belum memenuhi maka terdapat tanda Tanya:
 Data belum memenuhi, Data sudah memenuhi
- Melakukan Meshing :
 - Klik kanan Meshing
 - Pada Global Control terdapat beberapa pilihan :
 - Basic control (sesuai dengan default ANSYS namun bisa memasukkan maximum element size dan defeaturing tolerance)
 - Advanced Control (dapat memasukkan data –data sesuai dengan keinginan kita)
 - Klik kanan pada Mesh => generate mesh



Gambar 3.2. Model kapal yang telah di Meshing

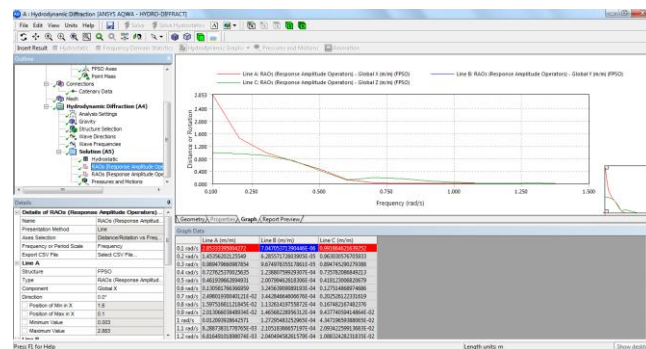
- Analysis Hydro dynamic
 - Analysis Setting :
 - Klik kiri Analysis Setting => pada keterangan “Ignore Modelling Rule Violations” pilih menjadi YES. Keterangan : Yang artinya dalam proses analisa tidak memperhitungkan Rule walaupun struktur tidak sesuai dengan Rule, dengan kata lain Rule diabaikan dalam proses analisa
 - Gravity :
 - Memasukan besarnya nilai gravitasi yang digunakan (9.80665 m/s^2)
 - Wave Directions :
 - Merupakan menu untuk mengatur interval dan jumlah *heading* yang digunakan pada analisa tersebut
 - Klik kiri pada Wave Directions Pada pelatihan ini interval Heading nya adalah 45 degree.

Keterangan :

- Wave range menunjukkan range arah datang gelombang yang mengenai struktur tersebut.
- Interval menunjukkan pembagian Heading pada struktur tersebut
- Wave Frequencies :
 - Digunakan untuk mengatur range dan interval frekuensi yang tercatat dalam hasil analisa

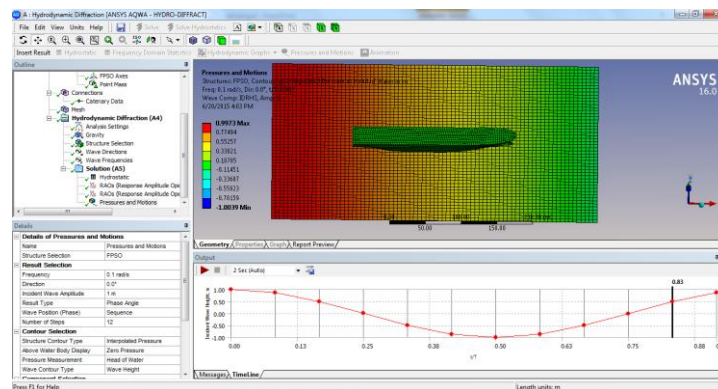
- Klik kiri wave frequencies => pada pilihan range terdapat 2 pilihan (program controlled manual definitions
- Program controlled : pembagian banyaknya frekuensi yang terekam pada output dapat diatur dengan cara mengubah Frequency / periods Range nilainya sesuai dengan kita. Keterangan : Namun perlu diingat bahwa hasil dari program controlled nilai interval frequencies /period disesuaikan dengan ANSYS dan jumlah frekuensi / period yang terekam banyaknya harus sesuai dengan aturan SYMPHON
- Manual Definitions : Nilai terendah, tertinggi, dan interval frequencies / periodnya dapat diatur sesuai dengan keinginan.
- Untuk mengeluarkan Hydrostatic :
- Klik kanan Solutions A5 => Pilih Insert Result => pilih Hydrostatic Pada “Detail of hydrostatics” => klik structure pilih HCFV
- Untuk mengeluarkan RAO :
- Klik kanan Solutions A5 => Pilih Insert Result => pilih RAO => Pilih “Distance/Rotation vs Frequency
- Line A => pada structure pilih HCFV => pada component pilih sumbu geraknya (translasi/ rotasi pada sumbu x / y / z / Rx / Ry / Rz /) => Pada “direction” pilih kondisi degree yang diinginkan untuk menyatakan RAO.
- Untuk mengeluarkan Pressures dan Motions :
- Klik kanan Solutions A5 => Pilih Insert Result => pilih Pressures and Motions
- Pada “Structure Selections ” => pilih HCFV

- Cara running Hydrodynamic Diffractions
 - Klik kanan pada “solusition A5” => Pilih SOLVE
- Output Response Amplitude Operator (RAO)



Gambar 3.3. *Response Amplitude Operator (RAO)*

Output Pressure dan Motions



Gambar 3.4. *Pressure dan Motions*

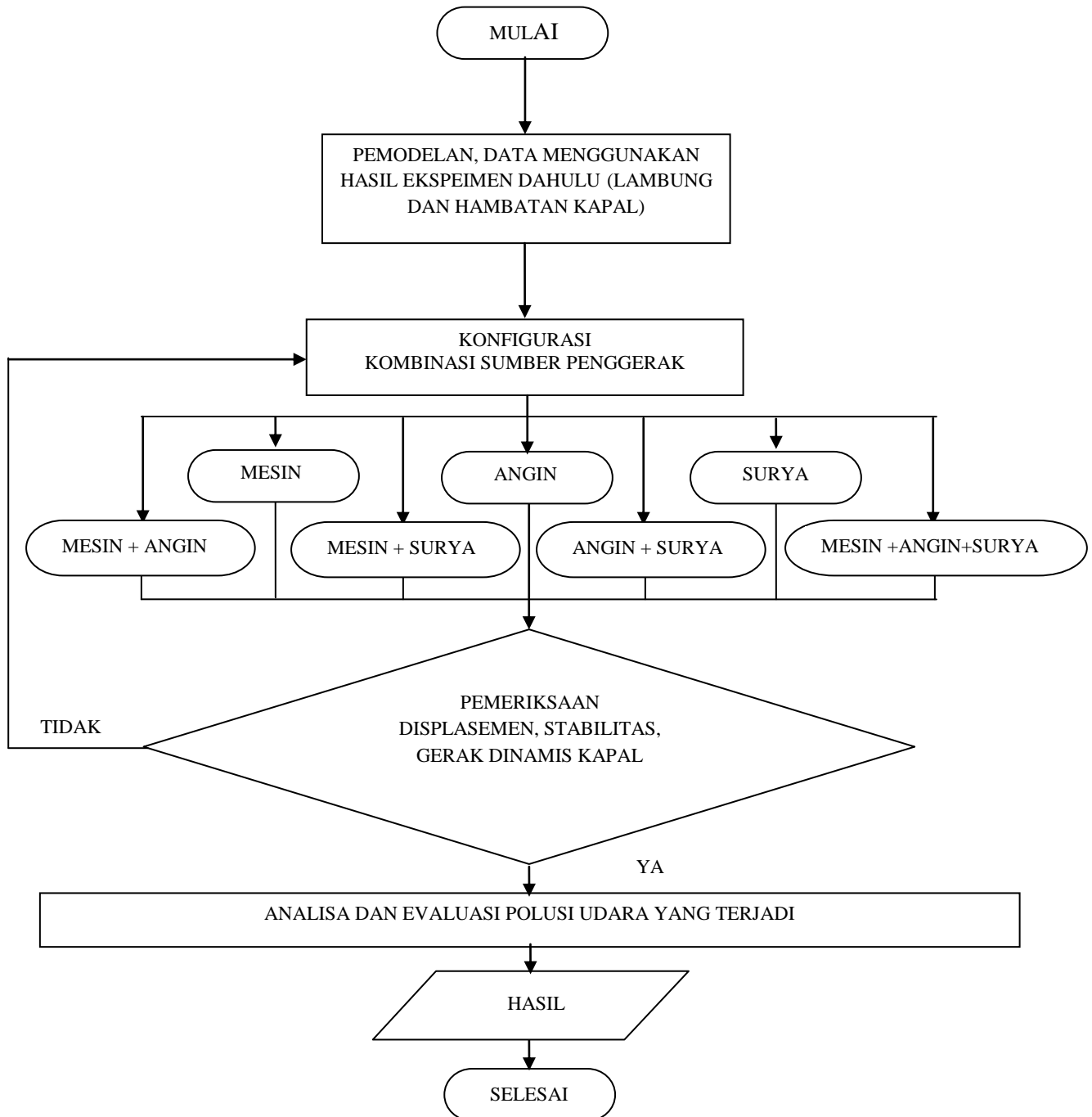
4. Analisa Polusi / EEDI dilakukan dengan mengkuantifikasi indeks emisi yang terjadi dengan menggunakan formulasi Korol dan Latore (2010).

5. Resume Hasil

Merangkul hasil yang diperoleh dari proses diatas

Penjelasan detail dari metode penelitian merupakan penjelasan dari diagram alir penelitian seperti diperlihatkan pada Gambar 3.5.

3.2 Diagram alir



Gambar 3.5. Diagram alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PLATFORM PERANCANGAN KAPAL IKAN

Dalam penelitian disertasi ini yang dimaksud dengan platform perancangan kapal ikan adalah semua data dan informasi yang diperlukan sebagai dasar pengembangan perancangan kapal ikan yang diusulkan. Penelitian ini bersifat melanjutkan penelitian yang pernah dilakukan di Jurusan Teknik Perkapalan ITS. Dari penelitian terdahulu telah dihasilkan data-data yang dapat dipakai untuk mendukung saintifik/akademik dan aplikasi. Penelitian disertasi ini menggunakan data-data hasil eksperimen yang dilakukan oleh Utama (2010).

Diberikan:

Tabel 4.1. Ukuran Utama

Parameter	<i>Catamaran</i>	<i>Demihull</i>
LWL (m)	14.5	14.5
B (m)	7.118	1.318
H (m)	1.44	1.44
D (m)	0.694	0.694
C_B	0.434	0.434
Displ. (ton)	11.8	5.9

Tabel 4.2. Hasil eksperimen (Utama, 2010)

Run No.	V (knots)	Fr	Catamaran Resistances (kN)		
			S/L=0.2	S/L=0.3	S/L=0.4
1	5.788	0.250	1.821	1.659	1.659
2	6.218	0.268	2.141	1.851	2.061
3	6.677	0.288	2.443	2.239	2.348
4	7.051	0.304	2.852	2.678	2.947
5	7.560	0.326	3.460	3.568	3.547
6	8.032	0.347	4.467	3.954	3.766
7	8.384	0.362	4.844	4.345	4.341
8	8.818	0.380	5.149	4.790	4.662
9	9.233	0.398	5.807	5.592	5.515
10	9.813	0.423	7.101	6.448	6.138

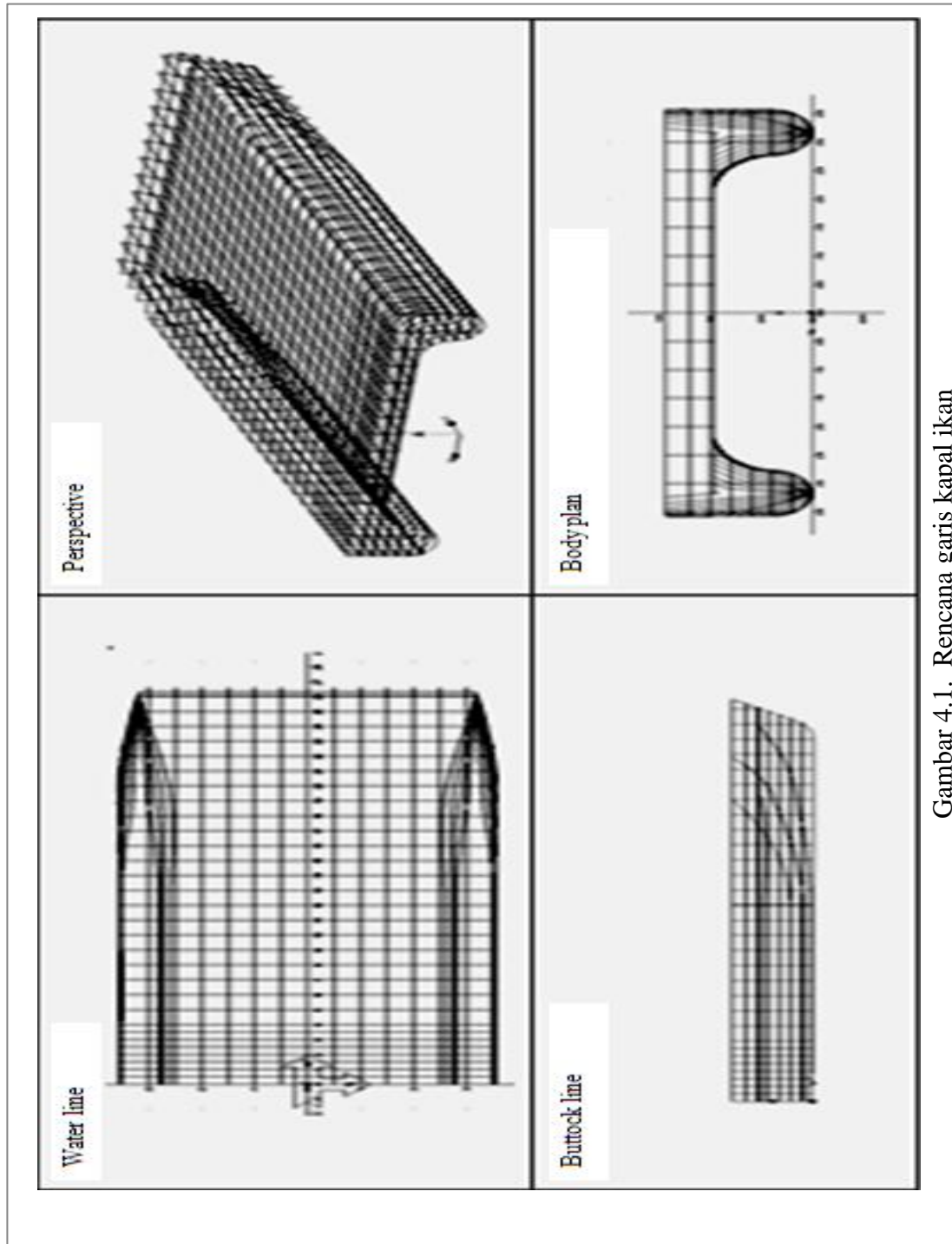
Tabel 4.1 memperlihatkan data ukuran utama dan Tabel 4.2 memperlihatkan hasil eksperimen tahanan katamaran di towing tank. Selanjutnya, dari data ini akan dikembangkan sebagai dasar untuk merancang konsep kapal ikan katamaran dengan penggerak kombinasi mesin, panel surya dan layar.

4.1 Rencana Garis

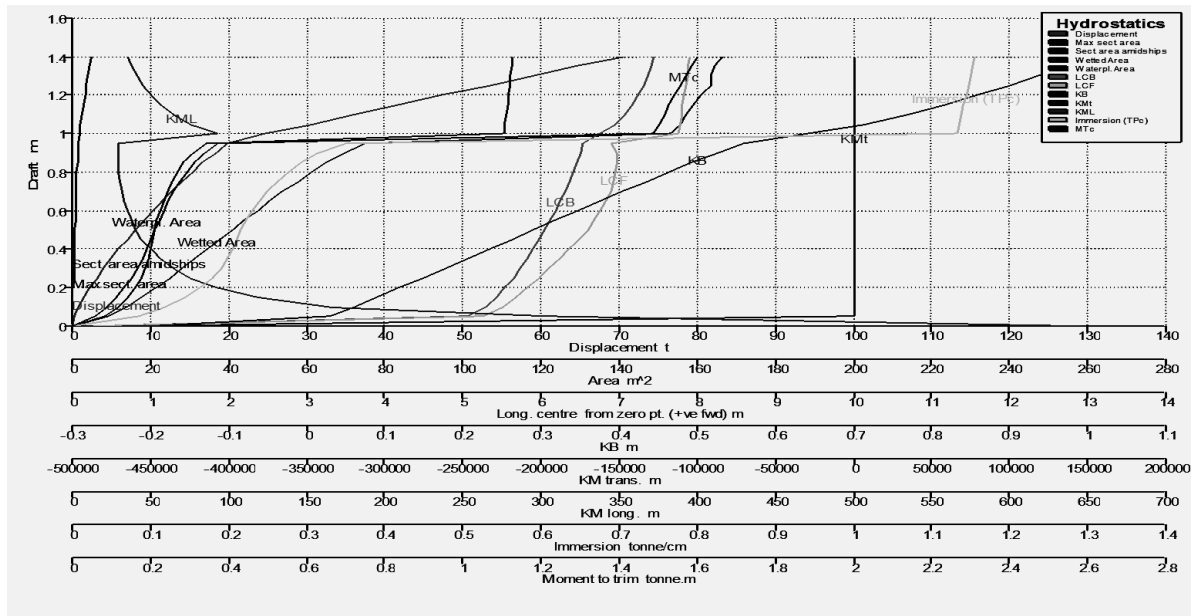
Rencana Garis kapal adalah gambar potongan kapal secara vertikal melintang (*body plan*), vertikal memanjang (*buttock line*) dan horisontal memanjang (*water line*) yang dilengkapi dengan informasi absis ordinat kapal. Informasi data rencana garis ini seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1 merupakan input untuk melakukan penggambaran dan perhitungan Kurva Hidrostatik. Pembuatan Rencana Garis ini dilakukan dengan metode *Design re-use* yaitu dengan memasukkan data ukuran utama yang ada.

4.2 Hidrostatik

Hidrostatik adalah data ordinat rencana garis kapal yang dipergunakan untuk mengetahui karakteristik dari kapal yang akan dirancang. Hasil perhitungan hidrostatik seperti yang diperlihatkan Gambar 4.2 dan Tabel 4.3 dipergunakan untuk tujuan: 1) Crosscheck data ukuran utama yang diberikan dari penelitian terdahulu, 2) Disamping itu juga dipakai untuk melengkapi data yang diperlukan guna pengembangan rancang bangun kapal ikan katamaran.



Gambar 4.1. Rencana garis kapal ikan



Gambar 4.2. Kurva hidrostatik

Tabel 4.3. Data hasil perhitungan hidrostatik

Draft Amidships m	0.000	0.050	0.100	0.150	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.694
Displacement t	0.0000	0.288	0.801	1.458	2.22	3.08	4.00	5.99	8.10	10.3	11,8
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Draft at FP m	0.000	0.050	0.100	0.150	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0,694
Draft at AP m	0.000	0.050	0.100	0.150	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0,694
Draft at LCF m	0.000	0.050	0.100	0.150	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0,694
Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
WL Length m	0.332	14.80	14.91	14.99	15.0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.3	15,44
Beam max on WL m	3.194	6.743	6.876	6.971	7.04	7.09	7.12	7.13	7.13	7.13	7,138
Wetted Area m²	0.006	9.234	13.71	17.68	21.3	24.7	28.1	34.6	41.0	47.3	53,63
Waterpl. Area m²	0.006	8.298	11.529	13.99	15.9	17.450	18.57	20.019	21.099	22.4	24,19
Prismatic coeff. (Cp)	1.181	0.666	0.688	0.703	0.71	0.724	0.734	0.752	0.769	0.78	0,797
Block coeff. (Cb)	0.004	0.056	0.076	0.091	0.10	0.112	0.121	0.134	0.145	0.15	0,16
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.003	0.085	0.111	0.129	0.14	0.155	0.165	0.179	0.188	0.19	0,201
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.005	0.083	0.112	0.134	0.15	0.163	0.172	0.184	0.193	0.20	0,219
LCB from 0 pt. (+ve fwd) m	0.268	5.062	5.282	5.428	5.54	5.643	5.734	5.901	6.054	6.18	6,303
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	0.268	5.255	5.514	5.687	5.83	5.967	6.102	6.368	6.596	6.76	6,885
KB m	-0.201	0.030	0.060	0.089	0.11	0.14	0.17	0.235	0.291	0.34	0,401
KG m	0.525	0.525	0.525	0.525	0.52	0.52	0.52	0.525	0.525	0.52	0,525
BMt m	-467778.6	296.75	148.43	99.11	73.9	58.4	47.8	34.46	26.788	22.1	19,36
BML m	646.687	302.58	166.74	118.1	92.2	75.7	64.2	49.38	40.511	34.9	31,7
GMt m	-467779.33	296.25	147.96	98.67	73.5	58.076	47.52	34.175	26.553	21.9	19,24
GML m	645.961	302.09	166.27	117.6	91.8	75.383	63.95	49.097	40.276	34.7	31,57
KMt m	-467778.80	296.78	148.49	99.20	74.1	58.601	48.04	34.701	27.079	22.5	19,76
KML m	646.486	302.61	166.79	118.2	92.3	75.9	64.4	49.62	40.802	35.2	32,10
Immersion (TPc) tonne/cm	0.000	0.085	0.118	0.143	0.16	0.179	0.19	0.205	0.216	0.23	0,248
MTc tonne.m	0.000	0.057	0.087	0.112	0.13	0.152	0.16	0.192	0.213	0.23	0,259
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	-0.001	1.490	2.069	2.510	2.86	3.127	3.32	3.576	3.755	3.96	4,221

4.3 Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan

Beberapa sumber penggerak yang akan diaplikasikan di kapal Ikan Katamaran ini adalah: mesin, panel surya dan layar. *Jumlah* kombinasi konfigurasi penggerak kapal ikan dihitungkan menggunakan pers. (2.33). seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.4.

Hasil perhitungan:

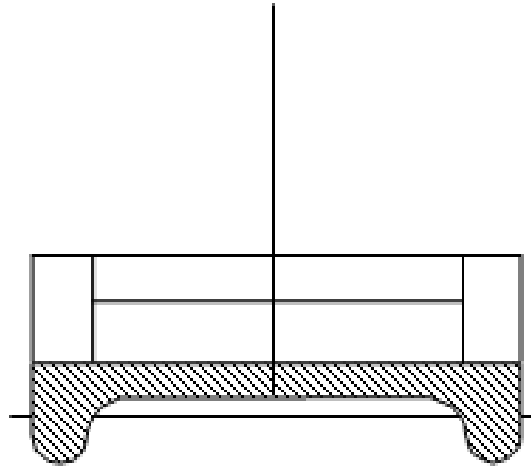
- Kombinasi satu: 1C_3 yaitu penggerak tunggal didapatkan tiga yaitu 1) mesin, 2) panel surya, 3) layar.
- Kombinasi dua: ${}^2C_3 = 3! / 2! (3 - 2)! = 3 \times 2 \times 1 / 2 \times 1 \times 1! = 6 / 2 = 3$ didapatkan tiga yaitu 1) Mesin – Panel, 2) Panel – Layar, 3) Mesin - Layar
- Kombinasi tiga: ${}^3C_3 = 3! / 3! (3 - 3)! = 3 \times 2 \times 1 / 3 \times 2 \times 1 \times 1! = 6 / 6 = 1$ didapatkan satu yaitu 1) Mesin – Panel – Layar

Tabel 4.4. Hasil kombinasi konfigurasi

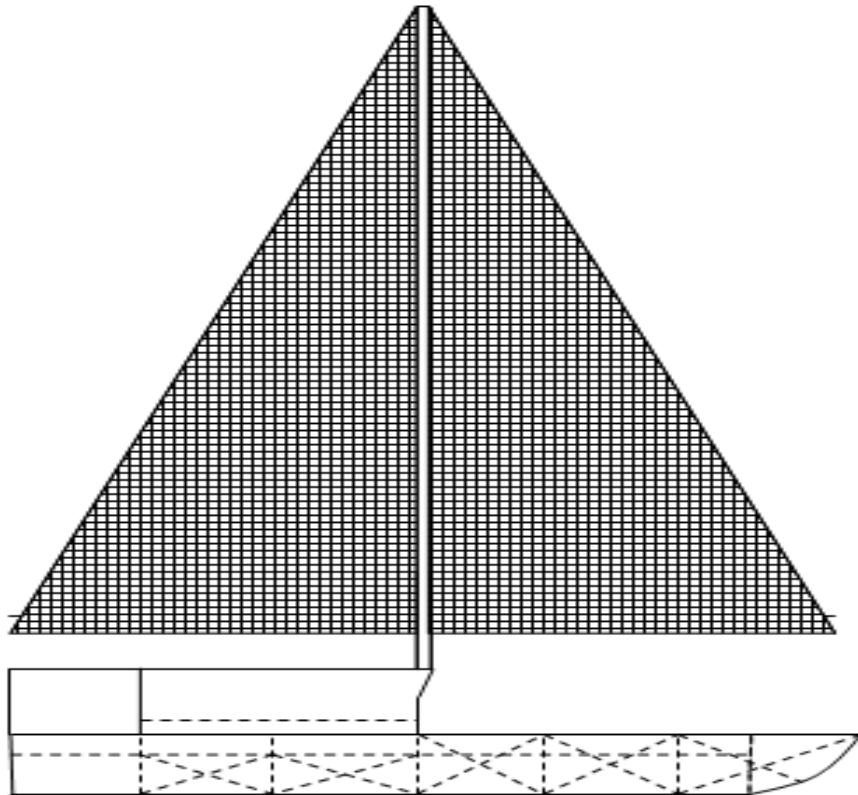
Konf. no.	Kombinasi : 1C_3				
	Sumber penggerak	Mesin (kW)	Panel (kW)	Layar (m ²)	Gaya dorong (T)
1	Mesin	Ø	-	-	propeller
2	Panel	-	Ø	-	propeller
3	Layar	-	-	Ø	layar
Kombinasi : 2C_3					
4	Mesin - Panel	Ø	Ø	-	propeller
5	Panel - Layar	-	Ø	Ø	propeller-layar
6	Mesin - Layar	Ø	-	Ø	propeller-layar
Kombinasi : 3C_3					
7	Mesin -Panel-Layar	Ø	Ø	Ø	propeller-layar

Tabel 4.4 memperlihatkan 7 varian konfigurasi kapal ikan yang merupakan hasil perhitungan alternatif jumlah kombinasi dari sumber penggerak mesin, panel surya dan layar. Hasil kombinasi ini menggambarkan konfigurasi dari sumber tenaga penggerak yang akan dipergunakan pada kapal ikan yang diusulkan.

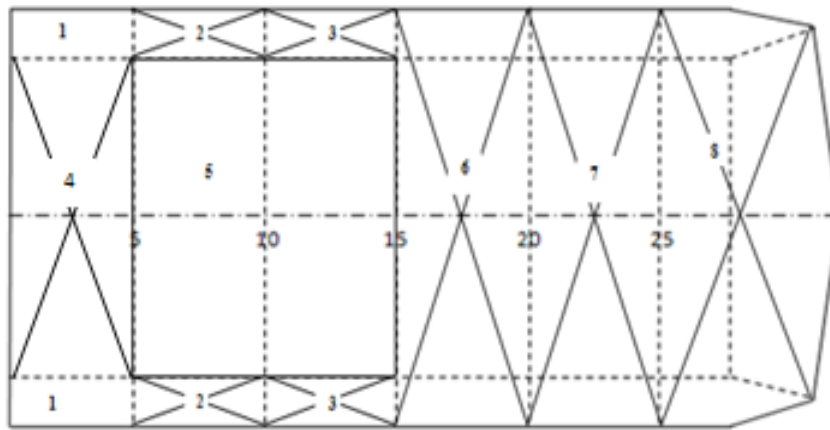
4.4 Layout Kapal ikan



Gambar 4.3. Tampak depan



Gambar 4.4. Tampak samping



Gambar 4.5. Tampak depan

Keterangan : 1) Ruang mesin, 2) Tangki bbm 2 x 1.7 m³, 3) Tangki air tawar 2 x 1.7 m³, 4) Tangki balas dan tempat alat tangkap, 5) Tempat perlengkapan dan peralatan kapal, gudang dan dapur, 6) Ruang muat 1: 10 m³, 7) Ruang muat 2: 10 m³, 8) Tangki balas dan gudang

4.5. Persyaratan dan kelengkapan yang harus dipunyai kapal ikan

1. Ruang muat kapal ikan

Menurut FAO (1980), estimasi volume ruang muat kapal ikan ditentukan dengan menggunakan pers. (4.1) dan (4.2) berikut:

$$\text{Metode Cubic number (CUNO)} = (L \times B \times H) \quad (4.1)$$

$$\text{Kapasitas ruang muat} = \text{CUNO} \times 0.14 + 10\% \quad (4.2)$$

Hasil yang diperoleh adalah pada harga CUNO sebesar 55.04 m³ diperoleh kapasitas ruang muat sebesar 8.5 m³

2. Kru kapal

Perhitungan jumlah crew menurut Pinkster dan Lamb, (2004) diekspresikan pada pers.(4.3) berikut:

$$\text{Jumlah crew} = 1.9925 \times (\text{Kapasitas ruang muat})^{0.3639} \quad (4.3)$$

Didapatkan hasil jumlah crew kapal 5 orang.

3. Durasi operasional kapal ikan

Menurut Pinkster (2004) yang dituangkan pada Tabel 2.1 bahwa kapal ikan yang mempunyai L: 10 – 50 m durasi operasinya adalah 1- 5 hari (termasuk: proses seleksi ikan dilakukan di kapal). Dalam hal ini durasi operasional kapal ikan diambil 5 hari dengan pola kerja 8 jam/hari.

4.6 Berat kapal kosong (LWT) dan Bobot mati (DWT)

1. Berat kapal kosong (LWT)

Berat kapal kosong (LWT) kapal katamaran menurut helmes (2012) diekspresikan pada pers.(4.4) berikut:

$$\text{LWT kapal katamaran} = 0.7 \times \text{Displasemen} \quad (4.4)$$

Didapat harga LWT kapal katamaran sebesar 8260 kg.

Komponen LWT:

1. Berat konstruksi:

Berat konstruksi untuk kapal ikan (W_h) menurut Pinkster (2004) diekspresikan pada pers.(4.5) berikut:

$$W_h = 0.614 \times \text{LWT} \quad (4.5)$$

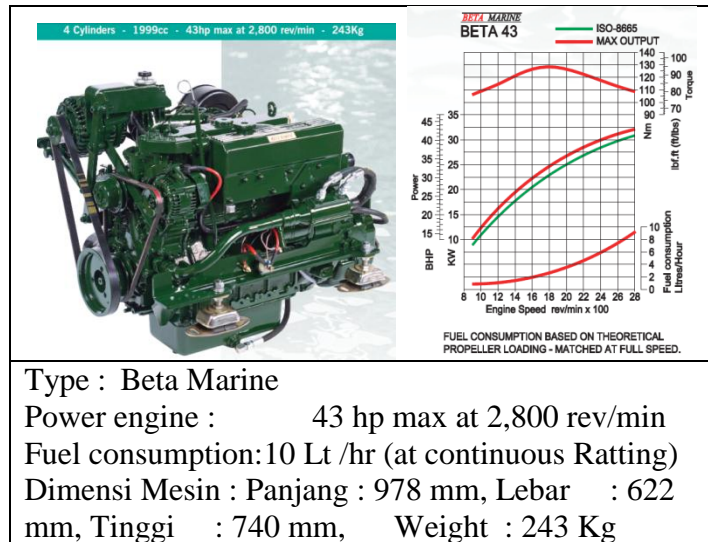
didapat harga sebesar 5072 kg

2. Tenaga Penggerak Kapal (*Powering*)

a. Mesin

Formula yang dipakai untuk menghitung daya mesin (P_m) katamaran menggunakan persamaan (2.11), (2.12), (2.13), (2.14) dan (2.15). Hasil perhitungan yang didapat: Effective power (P_E) 32.435 kW, quasi-propulsive coefficient (η_D) 0.664, delivered power (P_D) 50.21 kW,


transmission losses (η_T) 0.98 tanpa gearbox, service power (P_s) 51.235 kW dan installed power (P_I) sebesar 60 kW dengan total efficiency (PE/PI) adalah sebesar 54% . Spesifikasi mesin yang dipergunakan 2 x43 hp seperti diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Spesifikasi mesin

b. Panel Surya

Dengan menggunakan pers. (2.16), (2.17), (2.18) dan (2.19) dapat dihitung kebutuhan daya panel surya (P_{pv}) 60 kW, berdasarkan spesifikasi fleksibel panel surya di bawah ini didapatkan luas area panel surya 345 m² dengan berat 668 kg. Sementara luas permukaan badan kapal diatas air (deck, lambung dan bangunan atas) hanya sekitar 180 m² saja dan cuma mampu dipasang panel surya sebesar 32 kW dengan berat 348 kg. Jadi untuk kebutuhan daya panel surya (P_{pv}) 60 kW tidak bisa diaplikasikan pada kapal ikan ini. Catatan: 180 W = 1.036392 m², 1 kW = 5.757 m², 1.036392 m² = 2 kg, 1 m² = 1.93 kg, 60 kW = 346 m² = 668 kg. Spesifikasi panel surya yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 4.7.

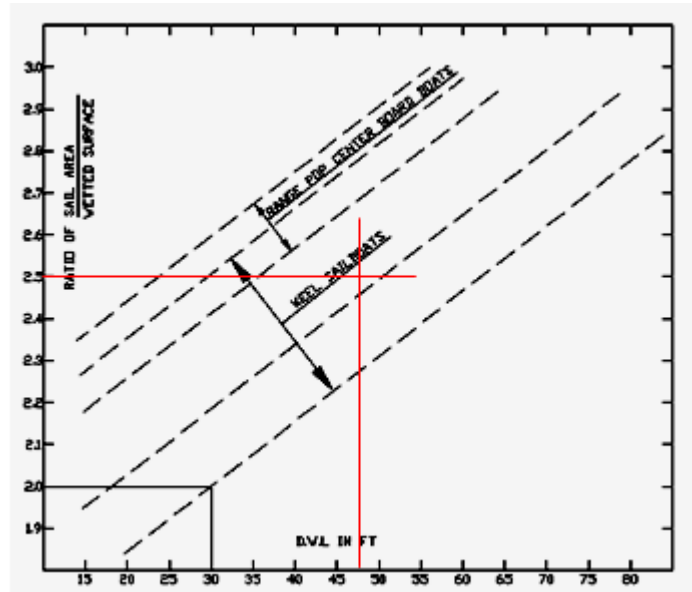
							
Power (W)	Size (mm)	Voc (V)	Isc (A)	Vmp (V)	Imp (A)	Cell efficiency	Net Weight
180W	1302x796x3	39.80	5.85	32.92	5.48	20.0%	2.0KG
180W	1302x796x3	20.30	11.57	16.80	10.71	20.0%	2.0KG

Gambar 4.7. Spesifikasi Panel surya, Sumber: <http://www.Polycrystalline-Solar-Panel-html>.

c. Layar

Penentuan luas layar menurut Kinney (1977), perbandingan luas layar (A_s) dengan luas permukaan basah (WSA) biasa dikenal sebagai *sail ratio* (SR). Selanjutnya Larson (2007) berpendapat bahwa hampir secara keseluruhan kapal layar mempunyai harga perbandingan luas layar (A_s) dengan luas permukaan basah (WSA) adalah antara 2.0 and 2.5. Masih menurut Kinney (1977), dimana penentuan SR tergantung dari LWL kapal dengan menggunakan grafik yang diperlihatkan pada Gambar 4.8. Hasil penentuan luas layar: SR 2.5, luas layar (A_s) 125 m². Bentuk layar yang dipakai adalah bentuk segitiga. Posisi tiang mast layar (spar): Tinggi layar (h)= 16 m. Lebar layar (b)=6.25 m dengan titik tangkap (CE) 9.27 m. Untuk kapal DWL=7.747m dengan displasemen = 6.1ton menggunakan peralatan Spars rig seberat 195 kg (Skene's yacht, 1978). sedangkan kapal ikan katamaran yang direncanakan LWL=14.5 m dengan displasemen = 11.8ton akan

menggunakan peralatan Spars rig seberat kurang lebih $= (11.8/6.1) * 195 = 378$ kg.



Gambar 4.8. Hubungan antara SR dengan LWL

Gambar 4.8 memperlihatkan hubungan antara SR dengan LWL yang bisa dipergunakan untuk merencanakan layar dengan batasan LWL 15 – 80 feet atau 5 – 25 m. Peralatan Spars rig biasanya terdiri dari : *mast, spreaders, standing rigging, turnbuckles, winches on deck, winches on mast, jib boom, spinnaker pole, roles reefing fittings, main boom, running rigging, main sheet blocks, jib sheet blocks, sail hoisted.*

3. Berat peralatan dan perlengkapan

Menurut Pinkster (2004), berat peralatan dan perlengkapan (*Ship Equipment* W_{SE} , *Fish Processing Equipment* W_{FPE} , *Fishing Equipment* W_{FE}) untuk kapal ikan dapat dihitung menggunakan pers.(4.6), (4.7) dan (4.8) sebagai berikut:

$$\text{Berat peralatan kapal ikan } (W_{SE}) = 8.8\% \times \text{LWT} \quad (4.6)$$

$$\text{Berat peralatan proses } (W_{FPE}) = 6.7\% \times \text{LWT} \quad (4.7)$$

$$\text{Berat peralatan tangkap } (W_{FE}) = 4.1\% \times \text{LWT} \quad (4.8)$$

Didapatkan hasil: $W_{SE} = 727 \text{ kg}$, $W_{FPE} = 339 \text{ kg}$, $W_{FE} = 554 \text{ kg}$ dengan total berat peralatan dan perlengkapan adalah sebesar 1620 kg

2. Bobot mati (DWT)

Komponen DWT :

1. Konsumabel

1. Kebutuhan bahan bakar

Berdasarkan spesifikasi mesin yang dipergunakan mempunyai fuel consumption (fc) sebesar 10 ltr/h atau 0.23 kg/HP/h. maka didapatkan harga sebesar $= 2 \times 43 \times 0.23 \times 8 \times 5 + \text{margin } 10\% = 872 \text{ kg}$.

2. Kebutuhan air tawar

Menurut The Kansai Society of Naval Architect (KSNA) Japan (1990). kebutuhan air tawar adalah 50 kg/person/day. maka didapatkan harga sebesar $50 \times 5 \times 5 = 1250 \text{ kg}$.

3. Berat crew dan provisions

Menurut KSNA Japan (1990). berat crew dan kebutuhan Provisions 120 kg/person. maka didapatkan harga sebesar $120 \times 5 = 600 \text{ kg}$
Total konsumabel adalah sebesar 2722 kg

2. Muatan bersih

Muatan bersih dari setiap konfigurasi masing-masing mempunyai nilai yang berbeda-beda seperti diperlihatkan pada Tabel 5.27.

4.7 Gross Tonnage (GT) kapal

Untuk menentukan GT kapal harus mengikuti ketentuan yang berlaku. Di Indonesia GT kapal diukur dan dihitung sesuai dengan ketentuan dalam Keputusan Dirjen Perhubungan Laut Nomor PY.6711116-02, (1975).

$$\text{Formula : } GT = 0.25 \times V \quad (4.9)$$

Dimana : V adalah jumlah isi dari ruangan di bawah geladak utama ditambah dengan ruangan-ruangan di atas geladak utama yang tertutup sempurna dan berukuran tidak kurang dari 1 m^3 .

Gross Tonnage = $0.25 \times 55.04 = 13.76$ atau dibulatkan menjadi 14 GT, sedangkan menurut *International Tonnage Convention of 1969* (ITC):

$$\text{Gross Tonnage (GT)} = (0.2 + 0.02 \log V)V \quad (4.10)$$

Dimana:

V adalah volume ruangan tertutup di kapal

$$(\text{hull} = 23.78 \text{ m}^3, S = l \times b \times h = 4.482 \times 2.0 \times 4.53 = 37.52 \text{ m}^3)$$

$$GT = (0.2 + 0.02 \log 61.3)61.3 = 14.45 \text{ GT}$$

$$\text{Nett Tonage (NT)} = K_2 V_c [4d/3D]^2 + K_3 [N_1 + N_2/10] \quad (4.11)$$

Dimana:

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \log V = 0.236$$

$$V_c = \text{Fishing hold volume} = 20 \text{ m}^3$$

$$K_3 = 1.25 [1 + GT/10000] = 1.252$$

$$N_1, N_2 = \text{complement 5 persons} < 13, \text{ so that } N_1, N_2 = 0$$

$$NT = 0.236 \times 20 [4 \times 0.694 / 3 \times 1.44] + 1.252 [0 + 0/10] = 3.033 \text{ NT}$$

4.8 Hambatan total (R_T) dan Gaya dorong kapal (T)

4.8.1 Hambatan total kapal (R_T)

Hambatan total (R_T) adalah hambatan lambung (R_H) hasil eksperimen ditambah dengan hambatan udara/ air drag (D_{air})

$$R_T = R_H + D_{air} \quad (4.12)$$

$$D_{air} = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_T \cdot V^2 \quad (4.13)$$

Dimana: C_D adalah koefisien drag (0.88). ρ adalah density udara (1.022 t/m^3). A_T adalah luas penampang melintang dan bangunan atas diatas air (4.482×2.0 atau 8.964 m^2). V adalah kecepatan kapal 9.8 knots (5.04112 mps).

Dengan menggunakan Persamaan (31) didapat harga D_{air} sebesar 0.285 kN (4.4% dari hambatan lambung. R_H). Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (30) didapat juga harga hambatan total (R_T) sebesar 6.423 kN.

4.8.2 Kebutuhan Gaya Dorong/ Thrust requirement (T_{req})

Gaya dorong adalah energi atau gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal. Ketika kapal ikan beroperasi dengan kecepatan dinas sebesar 9.8 knots. maka dengan menggunakan Persamaan (2.6) dan (2.7) didapatkan harga: thrust deduction factor (t) sebesar 0.038 dan kebutuhan gaya dorong/ thrust (T_{req}) sebesar 6.685 kN.

4.8.3 Suplai Gaya Dorong

Untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong (T_{req}) tersebut, kapal ikan ini akan disuplai dari pendorong propeller (T_p) dan layar (T_s).

- Gaya dorong Layar (T_s)

Gaya dorong layar (T_s) merupakan gaya dorong yang dihasilkan oleh layar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong (T_{req}) untuk menggerakkan kapal. Gaya dorong yang dihasilkan oleh layar ini sangat tergantung pada besar luas layar (A_s) dan kecepatan angin (V_a) yang terjadi. Dengan menggunakan pers. (2.10):

$$T_s = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \epsilon \cdot A_s \cdot V_a^2$$

Dimana: Density udara (ρ) 1.022 t/m³. koefisien tekanan angin (ϵ) 1.1 dan luas layar (A_s) 125 m².

Sehingga didapatkan harga gaya dorong layar (T_s) sebesar 6.685 kN pada kecepatan angin (V_a) sebesar 19.2 knots.

- Gaya dorong propeller (T_p)

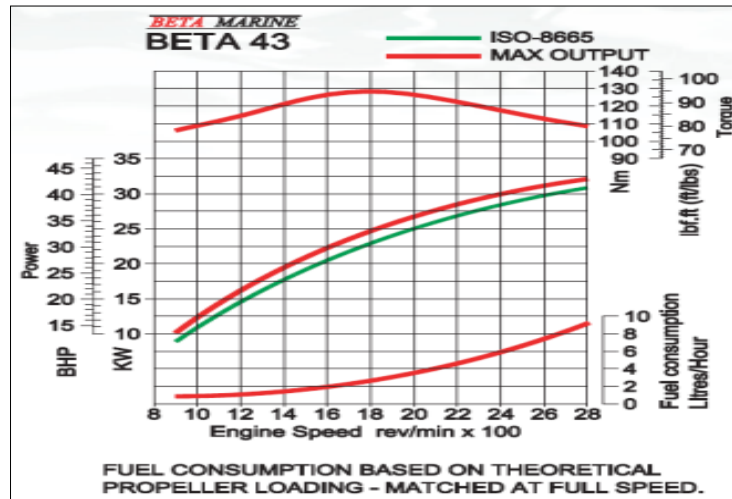
Gaya dorong propeller (T_p) merupakan gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong (T_{req}) untuk menggerakkan kapal. Dalam hal ini, perhitungan gaya dorong propeller menggunakan pers. (2.9) dan data teknis mesin yang dipakai Gambar 4.6:

Pers. (2.9):

$$T_p = K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4$$

Dimana: K_T adalah koefisien gaya dorong propeller, ρ adalah masa jenis fluida, n adalah putaran propeller, D adalah diameter propeller.

Data teknis mesin yang dipakai:



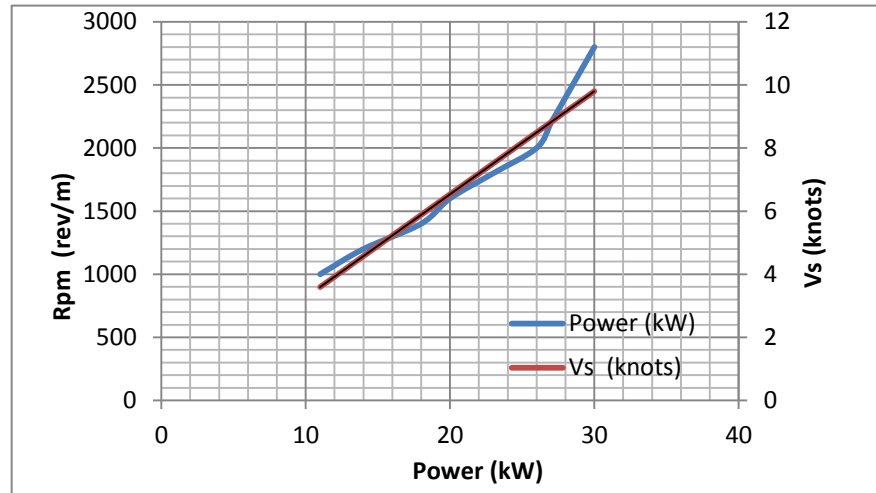
Gambar 4.9. Hubungan antara rpm dengan power

Gambar 4.9 memperlihatkan hubungan antara *rpm* dengan *power*/ mesin dengan daya 30 kW yang dipergunakan sebagai penggerak kapal ikan. Dari hasil pembacaan Gambar 4.9 dan pers.(2.16) didapatkan data seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Data *rpm*, *power* dan *Vs*

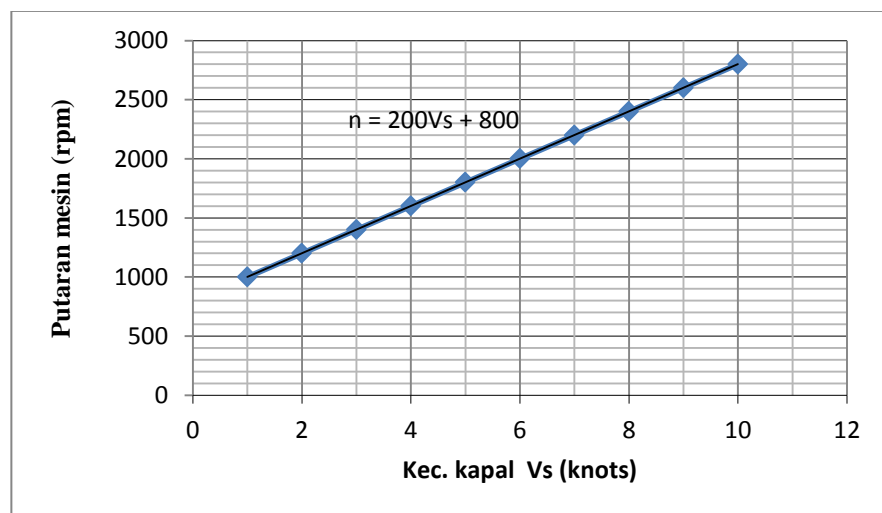
Rpm	Power (kW)	Vs (knots)
1000	11	3,59
1200	14	4,57
1400	18	5,88
1600	20	6,53
1800	23	7,51
2000	26	8,49
2200	27	8,82
2400	28	9.15
2600	29	9.47
2800	30	9.80

Selanjutnya data Tabel 4.5 dijelaskan menggunakan grafik seperti yang diperlihatkan Gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10 Hubungan antara *Power* dengan *rpm* dan kec. kapal *Vs*

Gambar 4.10 memperlihatkan hubungan antara *Power* dengan *rpm* dan kec. Kapal *Vs*. Semakin meningkat nilai *rpm* mesin, maka semakin besar nilai *power* mesin dan kec. Kapal *Vs*.



Gambar 4.11 Hubungan antara *rpm* mesin dan Kec. kapal *Vs*

Gambar 4.11 memperlihatkan hubungan antara Putaran mesin *rpm* dan Kec. kapal *Vs*

Kapal ikan ini dalam operasionalnya akan menggunakan mesin 2 X 30 kW dengan kec. servis 9.8 knots dengan *rpm* mesin 2800 seperti yang diperlihatkan Gambar 4.10.

Namun ketika kapal beroperasi dengan kec. servis sebut saja 7 knots, maka putaran mesin pun akan turun menjadi 2200 rpm dan power yang dipakai hanya sekitar 21 kW tentunya konsumsi bbm juga turun.

Pada saat kapal ikan ini beroperasi dengan kec. servis 9.8 knots akan menghasilkan gaya dorong propeller (*TP*) sebesar 6.685 kN dengan putaran mesin 2800 rpm seperti yang diperlihatkan Gambar 4.11.

BAB 5

KONFIGURASI SISTEM PROPULSI

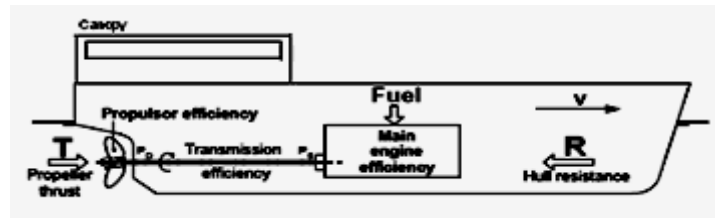
Dengan menggunakan data yang dihasilkan dari bab 4 didapatkan konfigurasi kapal ikan dengan system propulsi yang diusulkan. Dalam bab 5 ini ada delapan konfigurasi kapal ikan yang dibahas.

- Konfigurasi penggerak tunggal menggunakan sumber tenaga penggerak: 1) Mesin, 2) Panel surya dan 3) Layar.
- Konfigurasi kombinasi dua menggunakan sumber tenaga penggerak: 4) Mesin – panel surya, 5) Panel surya – layar dan 6) Mesin – layar.
- Konfigurasi kombinasi tiga, kapal ikan ini akan menggunakan sumber tenaga penggerak: 7) Mesin-panel surya-layar.

Dari konfigurasi kombinasi system propulsi yang diusulkan ini, sumber tenaga penggerak akan bekerja secara bersamaan atau bergantian disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhannya.

- Selanjutnya dari hasil evaluasi dari konfigurasi 1 s.d 7 akan dijadikan sebagai dasar untuk menentukan konfigurasi 8 yaitu kombinasi penggerak mesin-panel surya-layar surya. Adapun evaluasi yang dimaksud adalah meliputi: aspek kebutuhan energi, aspek fungsi sebagai kapal ikan dan aspek lingkungan melalui pemeriksaan displasemen, stabilitas dan *seakeeping*. Penelitian Disertasi ini akan membahas secara detail hasil konfigurasi 8 yaitu: konfigurasi kombinasi mesin-panel surya-layar surya karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsep kapal ikan katamaran dengan sumber energi penggerak alternatif yaitu kombinasi mesin, layar dan panel surya yang efisien dan optimum.

5.1 Konfigurasi 1



Gambar 5.1. Konfigurasi mesin

Gambar 5.1 memperlihatkan konfigurasi 1 yaitu konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin sebesar 60 kW. Konsep konversi energy pada konfigurasi 1 adalah mengubah bbm menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui mesin diesel, transmisi dan propeller dengan kecepatan tertentu.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 1 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7227 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat mesin dan perlengkapannya sebesar 535 kg dan berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4673 kg yang tdd: kebutuhan bbm sebesar 872 kg, air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 1851 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7227 kg dan DWT 4673 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka didapatkan harga sama dengan sama dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 1 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1851 kg.

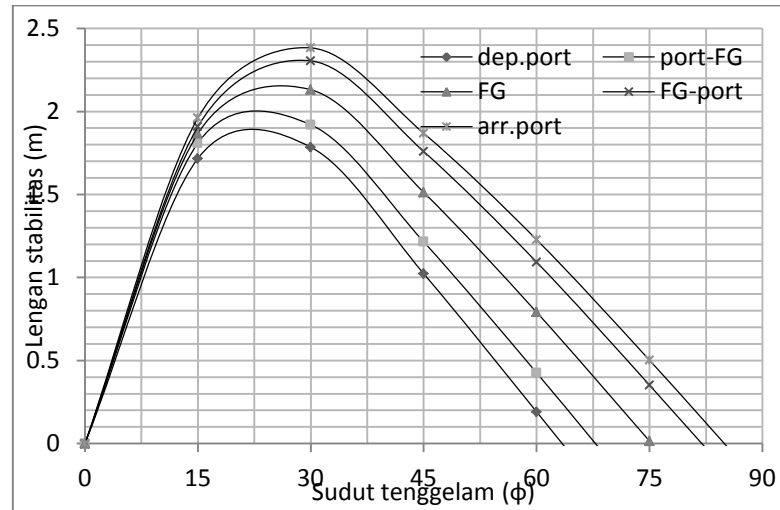
- **Pemeriksaan stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas statis kapal ikan katamaran dengan penggerak mesin pada pelbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Resume stabilitas K1

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7227	872	1250	600	1851	11800	6.452	1.007	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7227	872	1250	600	0	9949	5.966	0.981	0.585
2	Menuju fishingground	7227	712	1000	540	0	9479	6.020	0.976	0.557
3	Menangkap ikan di FG	7227	392	750	480	926	9775	6.405	0.986	0.575
4	Meninggalkan FG	7227	232	375	420	1851	10105	6.727	0.996	0.594
5	Tiba di pelabuhan	7227	72	125	330	1851	9605	6.821	0.991	0.565

Tabel 5.1 memperlihatkan titik berat konfigurasi 1 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain *full load* dari kapal ikan konfigurasi 1 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.007 m dan LCG sebesar 6.452 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.949 t dengan sarat air T sebesar 0.585 m, KG sebesar 0.981m dan LCG sebesar 5.966 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 9.479 t dengan sarat air T sebesar 0.557m, KG sebesar 0.976m dan LCG sebesar 6.020 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 9.775 t dengan sarat air T sebesar 0.555 m, KG sebesar 0.986 m dan LCG sebesar 6.405 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.105 t dengan sarat air T sebesar 0.594 m, KG sebesar 0.996 m dan LCG sebesar 6.727 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.605 t dengan sarat air T sebesar 0.565 m, KG sebesar 0.991 m dan LCG sebesar 6.821 m.



Gambar 5.2. Kurva stabilitas statis

Gambar 5.2 memperlihatkan Kurva stabilitas statis pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.785 m terjadi pada sudut 22°, kondisi 2 sebesar 1.92 m terjadi pada sudut 24°, kondisi 3 sebesar 2.131 m terjadi pada sudut 27°, kondisi 4 sebesar 2.305 m terjadi pada sudut 29° dan kondisi 5 sebesar 2.383 m yang terjadi pada sudut 30°. Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 63°, kondisi 2 sebesar 68°, kondisi 3 sebesar 75°, kondisi 4 sebesar 83° dan kondisi 5 sebesar 85°. Pada kondisi 2 saat kapal ikan konfigurasi 1 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.557 m dan displasemen 9.476 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

Tabel 5.2. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30 ⁰	25.856	25.87	25.84	28.68	28.69	m.deg	≥ 6.9322	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40 ⁰	0.928	0.998	1.085	1.156	1.196	m.rad	≥ 0.090	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30 ⁰ -40 ⁰	0.245	0.273	0.318	0.355	0.371	m.rad	≥ 0.030	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^0$	1.785	1.920	2.131	2.305	2.383	m	≥ 0.200	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	22	24	27	29	30	degree	$\geq 10^0$	pass
6	GM awal	8.018	8.813	8.074	7.489	7.865	m	≥ 0.150	pass

Tabel 5.2 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi mesin pada berbagai kondisi. Hasil perhitungan stabilitas konfigurasi ini semuanya memenuhi persyaratan menurut *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016*.

Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi 1 pada berbagai kondisi: Pada kondisi 1 periode oleng (T) natural sebesar 6.01 detik, kondisi 2 sebesar 5.66 detik, kondisi 3 sebesar 5.84 detik, kondisi 4 sebesar 6.02 detik dan kondisi 5 sebesar 6.84 detik. Gerak periode oleng pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

• Pemeriksaan Seakeeping

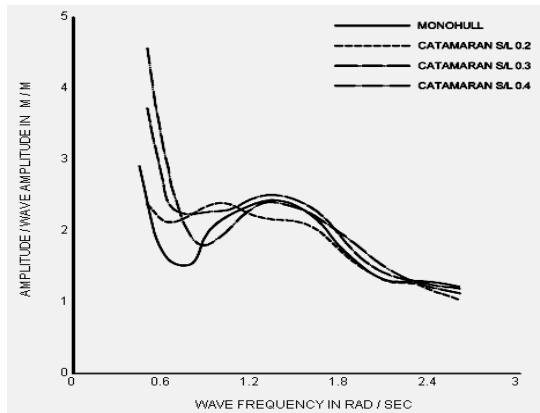
Seakeeping adalah respons gerakan kapal ketika menerima usikan dari luar (external) dimana dalam hal ini diakibatkan oleh pukulan gelombang. Respon dari gerak kapal

biasanya berupa amplitudo, velositi dan akselerasi pada respon gerakan kapal. Kinerja *seakeeping* kapal katamaran di atas gelombang merupakan fenomena yang menarik untuk dikaji.

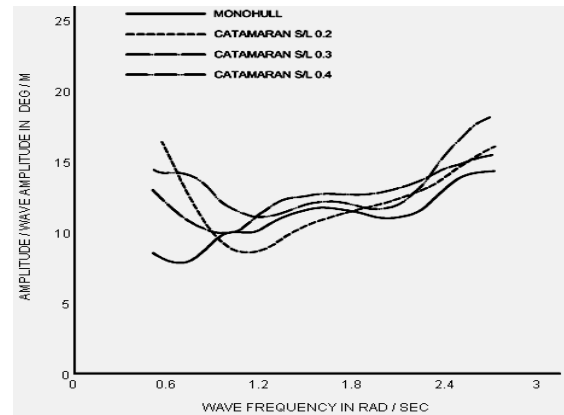
Diketahui bahwa gerakan *Roll* untuk lambung katamaran sangat baik, sedangkan gerakan *heave* dan *pitch* merupakan gerakan yang masih banyak diteliti oleh para peneliti karena gerakan tersebut ditengarai merupakan gerakan yang kritis bagi kapal katamaran. Pada penelitian disertasi ini mengkaji secara khusus gerakan *heave* dan *pitch* tersebut. Gerakan *heave* adalah gerakan naik dan turunnya badan kapal dimana gerakan ini berkaitan erat dengan gerakan *pitch* yang dikenal dengan *couple motion*. Gerakan *pitch* adalah gerakan anggukan naik dan turunnya haluan - buritan kapal. Gerakan tersebut sangat tergantung pada kondisi gelombang, kecepatan kapal dan arah kecepatan kapal terhadap gelombang.

Kapal katamaran memiliki kinerja yang cukup baik diatas gelombang, termasuk gerakan *pitch*. Namun demikian, pada kondisi gelombang dari samping kapal, gerakannya sedikit menurun sebagaimana juga umumnya dialami oleh kapal *monohull*. Hal ini disebabkan karena kapal *catamaran* memiliki periode *roll* yang relatif kecil (NATO Naval Group 6, 2009).

Dari kajian hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Utama (2010) dijelaskan bahwa lambung katamaran dengan jarak melintang antara lambung $S/L=0.2$, umumnya, memiliki gerakan *heave* dan *pitch* yang lebih kecil. Semakin kecil jarak antara lambung semakin kecil respon gerakan *heave* dan *pitch* yang ditimbulkan. Hasil perhitungan *Response Amplitude Operators (RAO)* untuk gerakan *heave* dan *pitch* yang dihitung berdasarkan persamaan (64) seperti yang disajikan pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3. Gerakan *Heave*
(*Heave Motion*)



Gambar 5.4. Gerakan *Pitch*
(*Pitch Motion*)

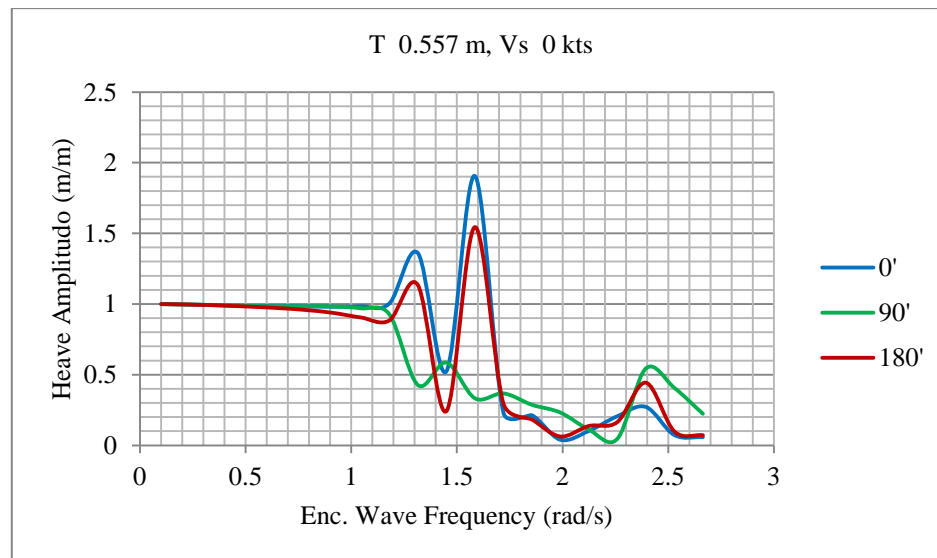
[Sumber: Utama, 2010]

Gerakan kapal monohull, umumnya memiliki respon yang lebih kecil pada frekwensi gelombang rendah, sebagaimana juga diperoleh dari hasil kajian eksperimen dari Molland dkk (1995). Satu hal lagi, Molland dkk (1995) juga menekankan bahwa gerakan kapal katamaran sangat bergantung pada pemilihan jarak antara lambung (S/L). Respon kapal, baik tipe *monohull* maupun *catamaran*, sangat signifikan pada kondisi arah gelombang dari samping (120 dan 150 derajat) terhadap arah laju kapal. Lebih detail, Wellicome dkk (1999) menyatakan gerakan kapal katamaran S/L= 0.2 lebih kecil 18% dibanding kapal katamaran S/L= 0.4 pada arah gelombang 120°.

Pada penelitian ini, untuk menganalisa olah gerakan dinamis kapal (*seakeeping*) konfigurasi 1 kapal ikan katamaran digunakan metode *Difraksi* dan *Bentley Motion* dengan type spektrum JONSWAP. Metode *Difraksi* dipergunakan untuk menghitung respon amplitudo, velositi dan akselerasi dari gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* saat kapal diam ($V_s = 0$ knots) pada *sea state* 2 – 32 dengan sudut datang gelombang (*wave heading*) 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*). Perhitungan gerakan dinamis kapal (*seakeeping*) dengan menggunakan metode *Difraksi* ini dibantu dengan software *Ansys aqwa*. Sedangkan metode *Bentley Motion*

dipergunakan untuk menghitung respon amplitudo, velositi dan akselerasi dari gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* saat kapal bergerak ($V_s = 3, 7$ dan 9.8 knots) pada *sea state* 2 – 32 dengan sudut datang gelombang (*wave heading*) 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*). Hasil perhitungan *seakeeping* dengan metode *Bentley Motion* dapat dilihat di lampiran.

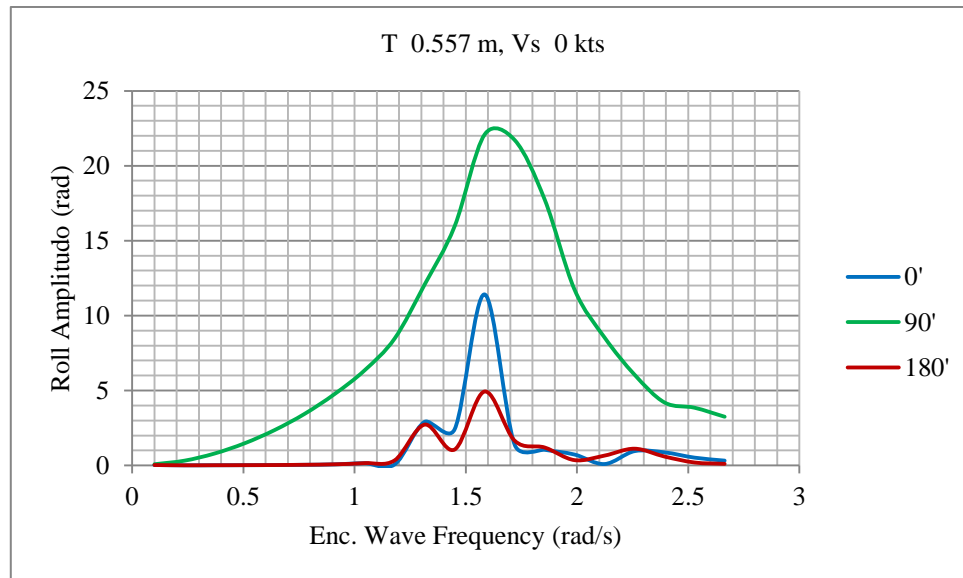
Hasil perhitungan *seakeeping* menggunakan metode *Difraksi* untuk gerakan *Heave* diperlihatkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Hubungan antara *Heave Amplitude* – *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.5 memperlihatkan hubungan antara *Heave Amplitude* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi $\nabla 9479$ t, $T 0.557$ m dan $V_s 0$ knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 1.9 m, 90° (*Beam seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 0.6 m dan 180° (*Head seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 1.55 m.

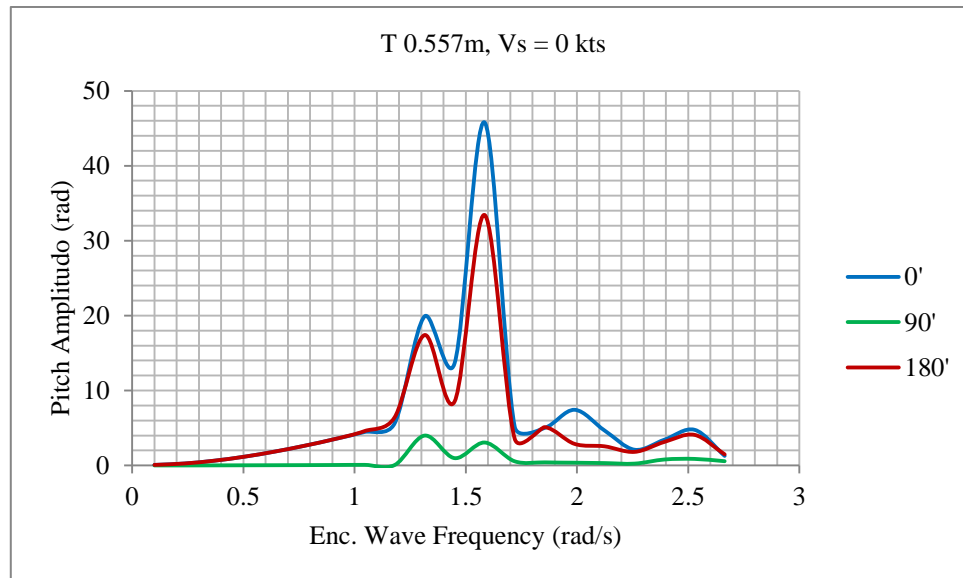
Hasil perhitungan *seakeeping* menggunakan metode *Difraksi* untuk gerakan *Roll* diperlihatkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Hubungan antara *Roll Amplitude* – *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.6 memperlihatkan hubungan antara *Roll Amplitude* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9479 t, T 0.557 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 11.5 rad, 90° (*Beam seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 22.5 rad dan 180° (*Head seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 5 rad.

Hasil perhitungan *seakeeping* menggunakan metode *Difraksi* untuk gerakan *Pitch* diperlihatkan pada Gambar 56.



Gambar 5.7. Hubungan antara *Pitch Amplitude* – *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.7 memperlihatkan Hubungan antara *Pitch Amplitude* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9479 t, T 0.557 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 46 rad, 90° (*Beam seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 4 rad dan 180° (*Head seas*) dengan respon amplitudo tertinggi sebesar 34 rad.

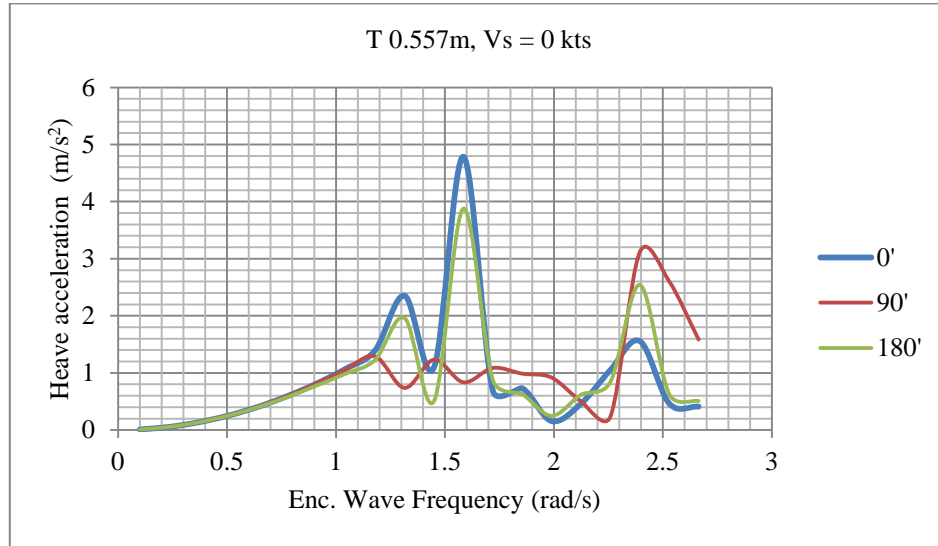
MSI (*Motion Sickness of Incident*) adalah suatu kejadian dimana respon gerakan kapal yang dianggap dapat menyebabkan terjadinya situasi dan kondisi kapal menjadi tidak nyaman (spt: mabuk laut, dsb).

Nilai MSI (*Motion Sickness of Incident*) dipantau pada beberapa lokasi di kapal. Ada beberapa tempat penting di kapal ikan yang harus diperiksa nilai MSI nya, seperti: 1) *Crew accommodation*, 2) *Navigation bridge*, 3) *Engine room*, 4) *Fishing deck*, 5) *Fish processing unit*, 6) *Fish hold*. Kriteria persyaratan yang dipergunakan untuk mempetimbangkan (*judge*) perilaku gerakan kapal (*seakeeping behavior*) pada tempat-tempat penting tersebut diperlihatkan pada Tabel 5.3. Hasil perhitungan *seakeeping* harus memenuhi persyaratan tersebut.

Tabel 5.3. Persyaratan seakeeping, (Pinkster,2004)

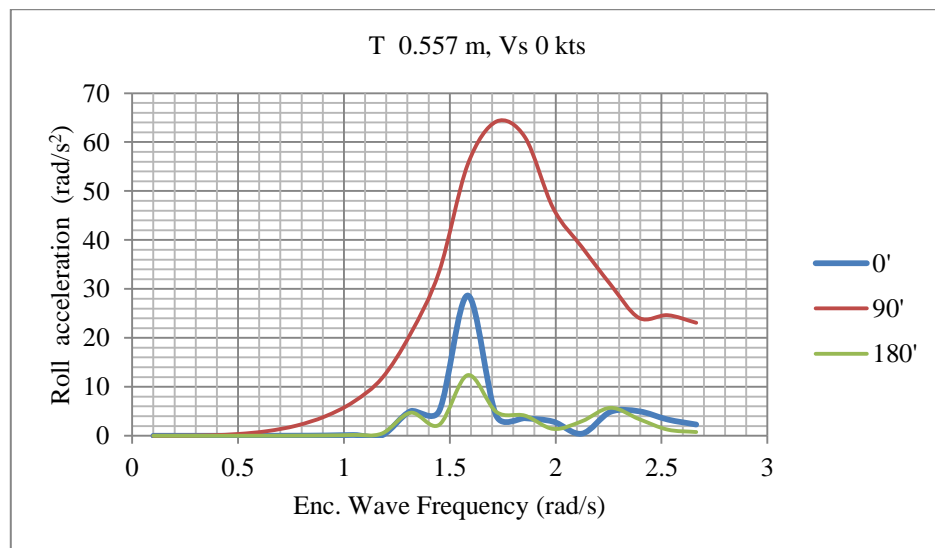
Description	Value	Dimension
Roll motion	6	Degree
Green water	5	% Probability
Slamming	5	% Probability
Vertical Acceleration Navigation Bridge	0.10g	m/s ²
Lateral Acceleration Navigation Bridge	0.05g	m/s ²
Vertical Acceleration Fish Processing Space	0.15g	m/s ²
Lateral Acceleration Fish Processing Space	0.07g	m/s ²
Vertical Acceleration Crew Accommodation	0.20g	m/s ²

Tabel 5.3. Memperlihatkan persyaratan seakeeping menurut Pinkster (2004). Kriteria diatas diperlakukan pada gerakan rolling, pitching, heaving, slamming, green water shipping, whipping, screw/propeller racing, dll. Hasil perhitungan *seakeeping* sangat tergantung pada: vessel loading condition, sailing speeds dan sea states (yang tdd: tinggi gelombang yang signifikan, kombinasi periode gelombang, dll). Seakeeping performa dari sebuah kapal tidak hanya tergantung pada bentuk kapal dan ukuran utamanya saja, tetapi juga tergantung pada lingkungan (*environment*) dimana kapal tersebut dioperasikan. Persyaratan gerak vertikal pada *Crew Accommodation* adalah sebesar 0.2 g atau 1.96 m/s² (Pinkster,2004).



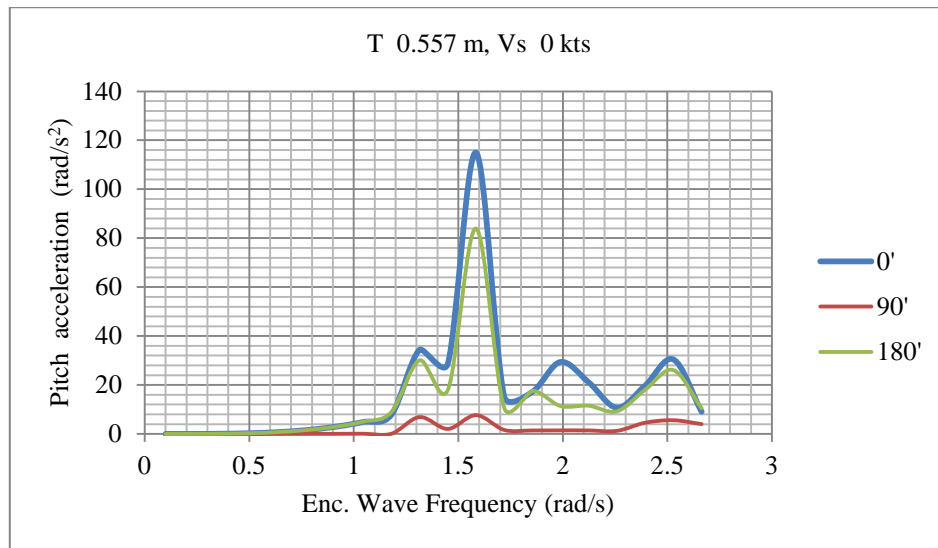
Gambar 5.8. Hubungan antara *Heave acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.8 memperlihatkan hubungan antara *Heave acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9479 t, T 0.557 m dan V_s 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*) dengan respon *heave acceleration* tertinggi sebesar 0.48 m/s^2 , 90° (*Beam seas*) sebesar 0.32 m/s^2 dan 180° (*Head seas*) sebesar 0.38 m/s^2



Gambar 5.9. Hubungan antara *Roll acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.9 memperlihatkan hubungan antara *Roll acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9479 t, T 0.557 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*) dengan respon *roll acceleration* tertinggi sebesar 29 rad/s^2 , 90° (*Beam seas*) dengan respon *roll acceleration* tertinggi sebesar 65 rad/s^2 dan 180° (*Head seas*) dengan respon *roll acceleration* tertinggi sebesar 12 rad/s^2 .



Gambar 5.10. Hubungan antara *Pitch acceleration* - *Enc. Wave frequency*

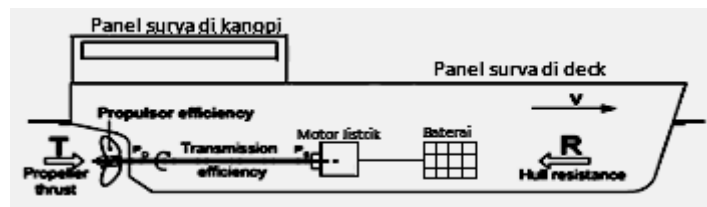
Gambar 5.10 memperlihatkan hubungan antara *Pitch acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9479 t, T 0.557 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*) dengan respon *roll acceleration* tertinggi sebesar 116 rad/s^2 , 90° (*Beam seas*) dengan respon *roll acceleration* tertinggi sebesar 8 rad/s^2 dan 180° (*Head seas*) dengan respon *roll acceleration* tertinggi sebesar 84 rad/s^2 .

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.32 - 0.48 \text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 1 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin dengan daya mesin sebesar 60 kW yang mempunyai berat LWT 7.227 t, DWT 4673 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1.851 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 1 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat dengan harga GZ tertinggi pada setiap kondisi terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Akselerasi gerakan vertikal *Heave* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.32 - 0.48 \text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat.

5.2 Konfigurasi 2



Gambar 5.11. Konfigurasi Panel Surya

Gambar 5.11. Memperlihatkan konfigurasi 2 yaitu konfigurasi kapal ikan penggerak Panel Surya. Konsep konversi energy pada konfigurasi 2 adalah mengubah energi surya menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui panel surya, baterai, motor listrik, transmisi dan propeller dengan kecepatan tertentu. Secara detail dapat dijelaskan sbb: Panel surya berfungsi menangkap energi surya dan mengubahnya

menjadi energi listrik, selanjutnya di simpan di dalam baterai. Tenaga yang tersimpan didalam baterai akan dipergunakan untuk menyuplai motor listrik dan memutar propeller. Sehingga kapal dapat bergerak maju karena adanya gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller (T_p).

- **Kendala**

Untuk menghasilkan daya panel surya (P_{pv}) sebesar 60 kW dibutuhkan luas area panel surya sebesar 345 m². Dengan luas area panel surya yang terlalu besar ini hampir seluruh badan kapal yang berada diatas air tertutup semua, sehingga tidak efektif dan tidak sesuai untuk kapal ikan karena sangat mengganggu orang bekerja.

Sementara itu, luas permukaan badan kapal diatas air (deck, lambung dan bangunan atas) dari konfigurasi 2 ini hanya sekitar 180 m² dan cuma mampu dipasang panel surya sebesar 32 kW saja. Jadi untuk kebutuhan daya panel surya (P_{pv}) 60 kW tidak bisa diaplikasikan pada kapal ikan ini.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 2 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7361 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat panel surya dan perlengkapannya sebesar 669 kg dan berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4439 kg yang tdd: berat air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 2589 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7361 kg dan DWT 4439 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka didapatkan harga sama dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 2 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2589 kg.

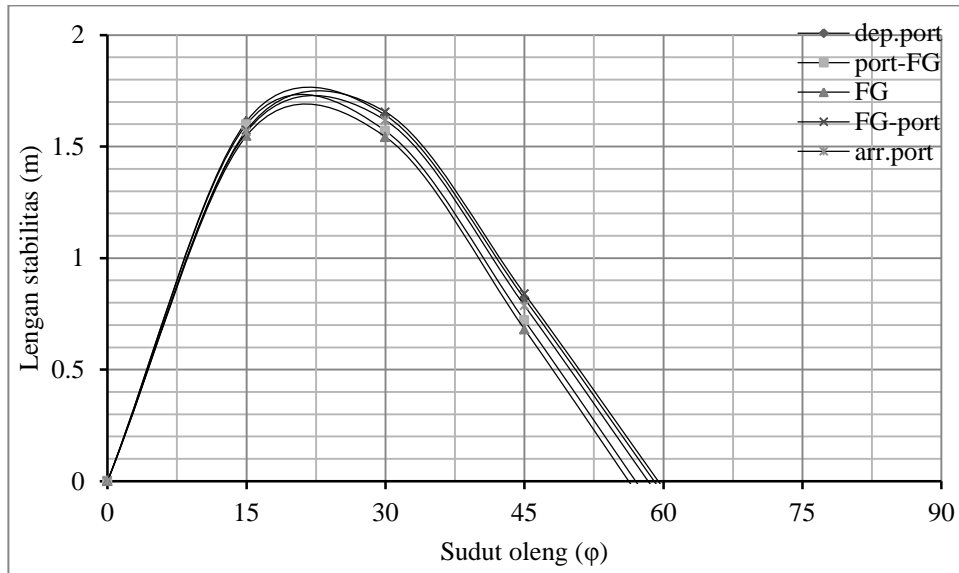
- **Pemeriksaan Stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas **statis** kapal ikan katamaran dengan penggerak layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 14.

Tabel 5.4. Resume stabilitas K2

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7361	0	1250	600	2589	11800	6.883	1.104	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7361	0	1250	600	0	9211	6.271	1.091	0.542
2	Menuju fishingground	7361	0	1000	540	0	8901	6.292	1.092	0.523
3	Menangkap ikan di FG	7361	0	750	480	1295	9886	6.675	1.100	0.581
4	Meninggalkan FG	7361	0	375	420	2589	10745	7.003	1.106	0.632
5	Tiba di pelabuhan	7361	0	125	330	2589	10405	7.047	1.107	0.612

Tabel 5.4 memperlihatkan titik berat konfigurasi 2 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain *full load* dari kapal ikan konfigurasi 2 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.104 m dan LCG sebesar 6.883 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.211 t dengan sarat air T sebesar 0.542 m, KG sebesar 1.091m dan LCG sebesar 6.271 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 8.901 t dengan sarat air T sebesar 0.523 m, KG sebesar 1.902 m dan LCG sebesar 6.292 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 9.886 t dengan sarat air T sebesar 0.581 m, KG sebesar 1.100 m dan LCG sebesar 6.675 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.745 t dengan sarat air T sebesar 0.632 m, KG sebesar 1.106 m dan LCG sebesar 7.003 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.405 t dengan sarat air T sebesar 0.612 m, KG sebesar 1.107 m dan LCG sebesar 7.047 m.



Gambar 5.12. Kurva stabilitas statis konfigurasi 2

Gambar 5.12 memperlihatkan Kurva stabilitas statis pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.75 m terjadi pada sudut 22°, kondisi 2 sebesar 1.72 m terjadi pada sudut 21°, kondisi 3 sebesar 1.69 m terjadi pada sudut 21.5°, kondisi 4 sebesar 1.75 m terjadi pada sudut 23° dan kondisi 5 sebesar 1.72 m yang terjadi pada sudut 22°. Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 59°, kondisi 2 sebesar 57°, kondisi 3 sebesar 56°, kondisi 4 sebesar 59.5° dan kondisi 5 sebesar 58.2°. Pada kondisi 2 saat kapal ikan konfigurasi 2 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.523 m dan displasemen 8901 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

- Persyaratan Stabilitas

Tabel 5.5. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

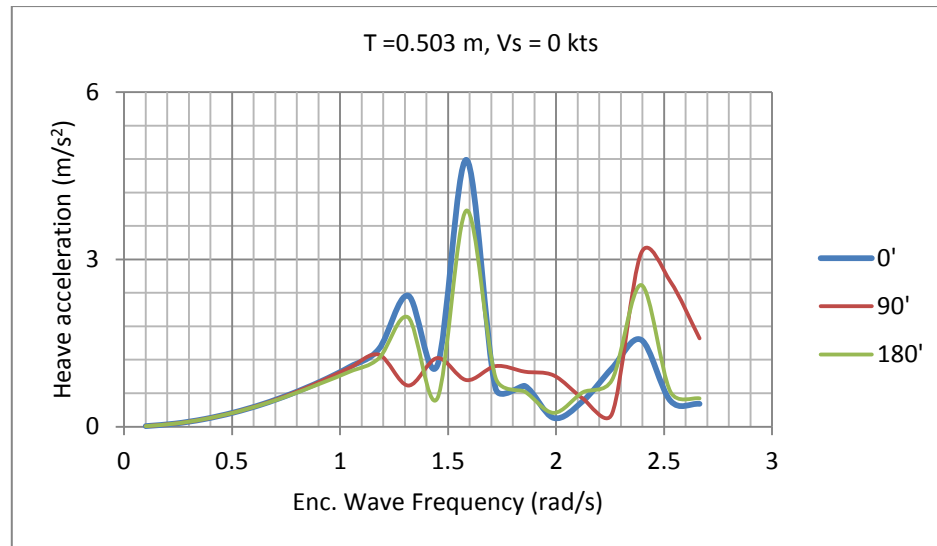
No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30 ⁰	25.857	25.86	25.81	28.59	28.61	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40 ⁰	0.851	0.824	0.801	0.846	0.831	m.rad	≥ 0.090	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30 ⁰ -40 ⁰	0.214	0.200	0.194	0.218	0.210	m.rad	≥ 0.030	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^0$	1.640	1.570	1.543	1.655	1.617	m	≥ 0.200	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	22	21	21.5	23	22	degree	$\geq 10^0$	pass
6	GM awal	7.111	7.434	6.618	6.189	6.334	m	≥ 0.150	pass

Tabel 5.5 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi panel surya pada berbagai kondisi.

Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi panel surya pada berbagai kondisi adalah pada kondisi *Dep.Port* periode oleng (T) natural 6,39 detik, *Port-FG* 6.17 detik, *FG* 6.46 detik, *FG-Port* 6,63 detik dan *Arr.Port* 6.52 detik. Berdasarkan Tabel 4 gerak periode oleng konfigurasi panel surya pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

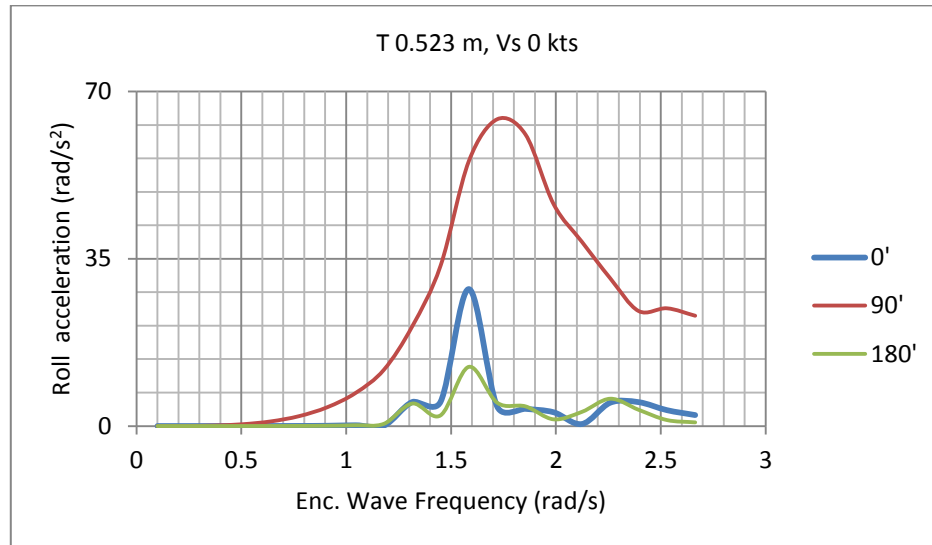
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



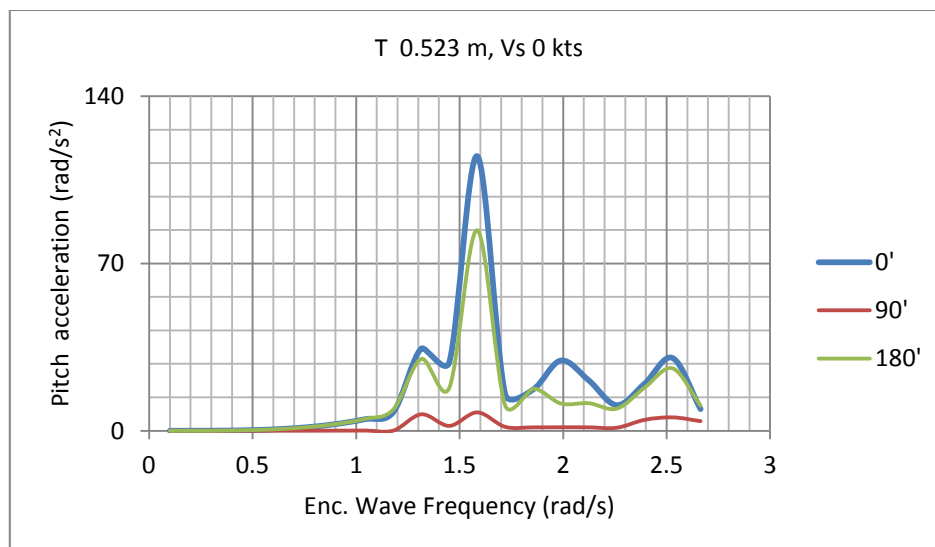
Gambar 5.13. Hubungan antara *Heave acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.13 memperlihatkan hubungan antara *Heave acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 8.901 t, T 0.523 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.14. Hubungan antara *Roll acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.14 memperlihatkan hubungan antara *Roll acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 8.901 t, T 0.523 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.15. Hubungan antara *Pitch acceleration* - *Enc. Wave frequency*

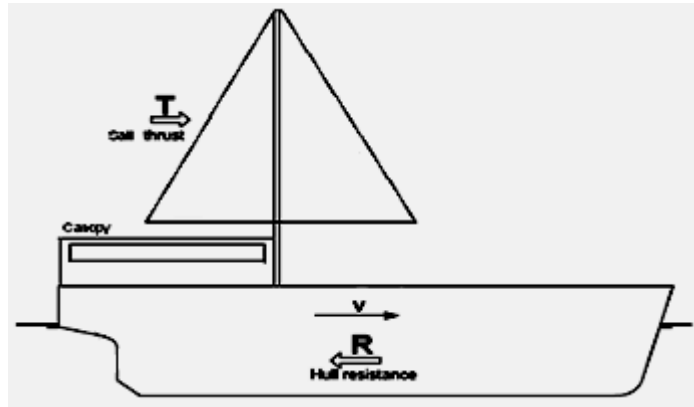
Gambar 5.15 memperlihatkan hubungan antara *Pitch acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 8.901 t, T 0.523 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (Following seas), 90° (Beam seas) dan 180° (Head seas).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.49\text{--}1.19\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 2 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin dengan daya panel surya sebesar 32 kW yang mempunyai berat LWT 7.361 t, DWT 4.439 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2.589 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 2 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat dengan harga GZ tertinggi pada setiap kondisi terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.49\text{--}1.19\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat. Kapal ikan konfigurasi 2 tidak bisa diaplikasikan, karena gaya dorong yang dihasilkan hanya 3.565 kN dari kebutuhan yang seharusnya yaitu 6.685 kN. Jadi secara fungsi operasional tidak memenuhi.

5.3 Konfigurasi 3



Gambar 5.16. Konfiugurasi layar

Gambar 5.16 memperlihatkan konfigurasi 3 yaitu kapal ikan dengan penggerak layar. Konsep konversi energy pada konfigurasi 3 adalah mengubah energi angin menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui layar. Kapal dapat bergerak maju karena gaya dorong yang dihasilkan oleh layar (T_L). Konfigurasi 3 ini dilengkapi dengan layar (A_s) 125 m^2 bentuk segitiga dengan dimensi: tinggi layar (h)= 16 m. Lebar layar (b)=6.25 m dengan titik tangkap (CE) 9.27 m dan tiang layar (spar), serta tali temali (rigging).

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 3 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7070 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat layar dan perlengkapannya sebesar 378 kg dan berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4730 kg yang tdd: berat air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 2880 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7070 kg dan DWT 4730 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka

didapatkan harga sama dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 3 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2880 kg.

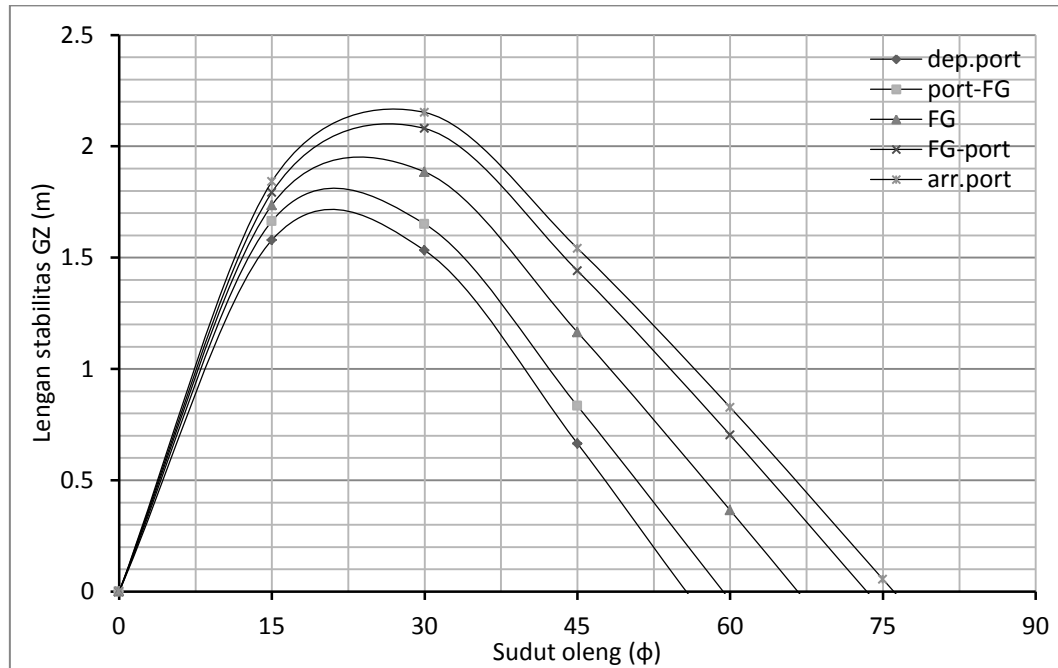
- **Pemeriksaan Stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas statis kapal ikan katamaran dengan penggerak layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Resume stabilitas K3

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7070	0	1250	600	2880	11800	7.142	1.308	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7070	0	1250	600	0	8920	6.523	1.360	0.525
2	Menuju fishingground	7070	0	1000	540	0	8610	6.554	1.370	0.506
3	Menangkap ikan di FG	7070	0	750	480	1440	9740	6.953	1.346	0.573
4	Meninggalkan FG	7070	0	375	420	2880	10745	7.288	1.331	0.632
5	Tiba di pelabuhan	7070	0	125	330	2880	10405	7.341	1.339	0.612

Tabel 5.6 memperlihatkan titik berat konfigurasi 3 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain *full load* dari kapal ikan konfigurasi 3 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.308 m dan LCG sebesar 7.142 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 8.920t dengan sarat air T sebesar 0.525 m, KG sebesar 1.360 m dan LCG sebesar 6.523 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 8.610 t dengan sarat air T sebesar 0.506 m, KG sebesar 1.370 m dan LCG sebesar 6.554 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 9.740 t dengan sarat air T sebesar 0.573 m, KG sebesar 1.346 m dan LCG sebesar 6.953 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.745 t dengan sarat air T sebesar 0.632 m, KG sebesar 1.331 m dan LCG sebesar 7.288 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.405 t dengan sarat air T sebesar 0.612 m, KG sebesar 1.339 m dan LCG sebesar 7.341 m.



Gambar 5.17. Kurva stabilitas statis konfigurasi 3

Gambar 5.17 memperlihatkan Kurva stabilitas statis konfigurasi layar pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.7 m terjadi pada sudut 18°, kondisi 2 sebesar 1.8 m terjadi pada sudut 20°, kondisi 3 sebesar 1.95 m terjadi pada sudut 22°, kondisi 4 sebesar 2.1 m terjadi pada sudut 26° dan kondisi 5 sebesar 2.18 m yang terjadi pada sudut 28°. Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 54°, kondisi 2 sebesar 59°, kondisi 3 sebesar 67°, kondisi 4 sebesar 73° dan kondisi 5 sebesar 76°. Pada kondisi 2 saat kapal ikan konfigurasi 3 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.506 m dan displasemen 8.610 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

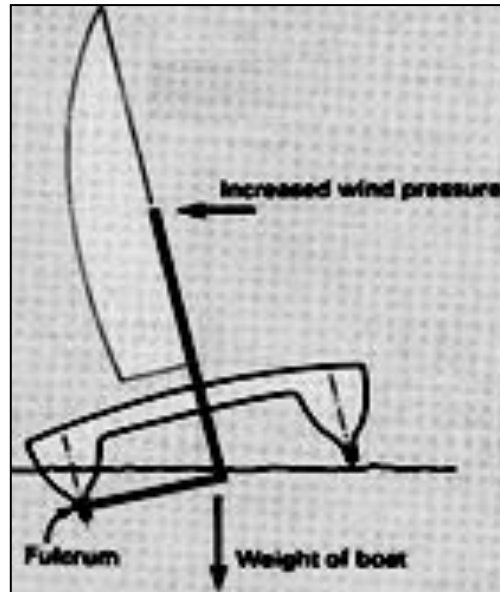
Tabel 5.7. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30^0	25.356	25.34	25.35	25.27	25.27	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40^0	0.928	0.998	1.085	1.156	1.196	m.rad	≥ 0.090	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30^0 - 40^0	0.245	0.273	0.318	0.355	0.371	m.rad	≥ 0.030	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^0$	1.785	1.920	2.131	2.305	2.383	m	≥ 0.200	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	18	20	22	26	28	degree	$\geq 10^0$	pass
6	GM awal	8.018	8.813	8.074	7.489	7.865	m	≥ 0.150	pass

Tabel 5.7 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi 3 pada berbagai kondisi. Hasil perhitungan stabilitas konfigurasi 3 ini semuanya memenuhi persyaratan menurut *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975* dan HSC annex 7, IMO 2016.

Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi panel surya pada berbagai kondisi adalah pada kondisi 1 oleng (T) natural sebesar 6.28 detik, kondisi 2 sebesar 5.91 detik, kondisi 3 sebesar 6.06 detik, kondisi 4 sebesar 6.21 detik dan kondisi 5 sebesar 6.03 detik. Gerak periode oleng konfigurasi panel surya pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

- **Stabilitas kapal layar**

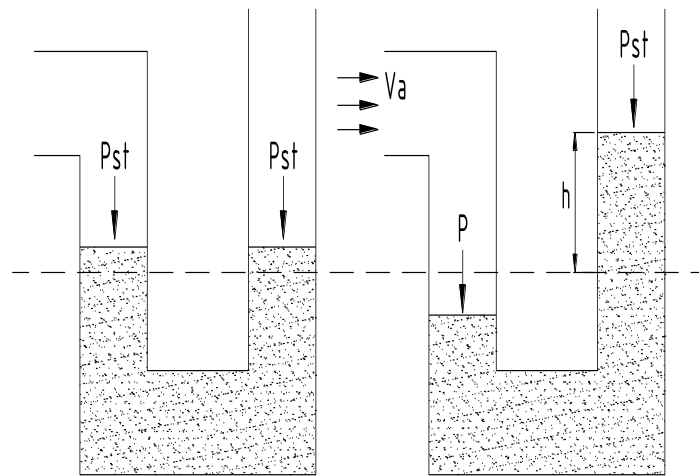


Gambar 5.18. Keseimbangan gaya kapal layar katamaran

Gambar 5.18 memperlihatkan keseimbangan gaya dan momen yang bekerja pada kapal layar katamaran. Keseimbangan ini terjadi karena harga momen pengembali saat kapal oleng (displasemen dikalikan righting arm) sama dengan momen angin (displesemen dikalikan heeling arm). Kapal layar mempunyai dua jenis lengan stabilitas, adalah lengan statis momen pengembali saat kapal oleng (righting arm) dan lengan momen gaya angin yang bekerja di pusat kerja layar (heeling arm).

- **Analisa perhitungan tekanan angin pada bidang layar**

Angin pada dasarnya adalah massa udara yang bergerak, yaitu disebabkan adanya perbedaan tekanan udara diantara dua tempat atau lebih. Besar kecilnya kecepatan angin sangat mempengaruhi besar kecilnya tenaga yang dihasilkan. Berikut diuraikan mengenai analisa perhitungan tekanan yang diterima oleh layar, seperti terlihat pada gambar berikut:



Sebelum menerima tekanan angin setelah menerima tekanan angin
 Keterangan : Pst = tekanan absolute, P = tekanan dengan kecepatan udara Va, h = perbedaan tinggi tekanan

Gambar 5.19. Keseimbangan tekanan pipa kapiler

Dari gambar 5.19 memperlihatkan keseimbangan tekanan yang terjadi pada pipa kapiler dan diatas terlihat bahwa h adalah merupakan perbedaan tekanan di kedua permukaan pipa tersebut akibat adanya aliran udara dengan kecepatan mendatar sebesar Va (satuan kecepatan), dengan demikian maka :

$$\begin{aligned}
 h &= \text{menunjukkan perbedaan tekanan angin} \\
 &= P = P - P_{st} \\
 &= q \\
 &= \frac{1}{2} \times \rho \times \xi \times v_a^2 \text{ (ton/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 \rho &= \text{massa density udara} \\
 &= 1.022 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g &= \text{percepatan gravitasi} \\
 &= 9.81 \text{ m/sec}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \xi &= \text{koefisien tekanan angin} \\
 &= 1.1
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan analog yang sama untuk angin yang ditangkap oleh layar, maka layar tersebut akan mendapat tekanan rata-rata sebesar :

$$\tau = 0.5 \times \rho \times \xi \times V_a^2 \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

dimana :

ρ = massa jenis angin (1.022)

ξ = koefisien tekanan angin

= 1.16 untuk permukaan datar

= 0.75 untuk permukaan datar

= 0.75 untuk permukaan yang berbentuk silinder

= 0.9 ÷ 1.12 untuk permukaan dari stang/kawat

V_a = kecepatan angin (m/sec)

- **Momen angin awal**

Besar gaya angin (K) yang bekerja pada layar yang dalam hal ini besarnya adalah sama dengan besarnya tekanan angin rata-rata dikalikan dengan luas bidang layar, maka:

$$K = \tau \times As$$

Dimana :

As = luas bidang layar yang menerima tekanan angin, m²

Bila titik berat layar (CE) berada setinggi h dari sumbu lateral, maka besarnya momen angin waktu tegak (M_{ao}) adalah:

$$\begin{aligned} M_{ao} &= K \times h \\ &= \tau \times As \times h \end{aligned}$$

Dimana momen angin ini adalah merupakan sebuah kopel yang dapat memberikan olengan kapal, dan momen waktu tegak pada kapal layar sering disebut momen awak kapal.

Tabel 5.8. Hasil perhitungan *Mao*

Beaufort	Deskripsi	Kec. angin		τ	<i>Mao</i>
		knots	mps		
0	Calm	1	0.3	0.006	10.91
1	Light air	1-3	1.5	0.155	272.87
2	Light breeze	4-6	3.3	0.749	1320.68
3	Gentle breeze	7-10	5.4	2.005	3536.38
4	Moderate breeze	11-16	7.9	4.291	7568.77
5	Fresh breeze	17-21	10.7	7.871	13884.77
6	Strong breeze	22-27	13.8	13.093	23095.61
7	Near gale	28-33	17.1	20.103	35462.02
8	Gale	34-40	20.7	29.459	51965.12
9	Strong gale	41-47	24.4	40.931	72202.28
10	Storm	48-55	28.4	55.451	97815.56
11	Violent storm	56-63	32.6	73.065	128886.22
12	Hurricane	≥ 64	35	84.219	148561.88

Tabel 5.8 memperlihatkan hasil perhitungan momen angin awal (*Mao*) pada skala angka Beaufort 0 -12. *Mao* ini selanjutnya akan dipergunakan untuk menghitung terjadinya keseimbangan momen angin waktu oleng. Keseimbangan ini terjadi karena harga momen pengembali saat kapal oleng sama dengan momen angin seperti yang diperlihatkan pada Gambar 55 diatas.

- **Analisa momen angin waktu oleng**

Memberikan beberapa asumsi, hal ini terpaksa ditempuh mengingat bahwa arah dan angin itu, juga merupakan gaya dorong dari kapal layar yang sukar dipastikan.

Mengenai asumsi-asumsi yang diambil adalah sebagai berikut:

- a. Semua layar dikembangkan secara memanjang dan selalu tetap datar dan selalu berada di bidang simetrinya
- b. Angin dianggap konstan dan arahnya selalu tegak lurus dari samping
- c. Semua barang yang berada di kapal posisinya tetap
- d. Resultante gaya K dari gaya-gaya angin merupakan hasil perbanyakan dari tekanan rata-rata dan luas bidang proyeksi dari layar yang tegak lurus terhadap arah angin
- e. Titik tangkap dari gaya K terletak pada titik berat layar (Z) dari luas bidang layar
- f. Resultante dari gaya K dan gaya air R , besarnya sama tetapi arahnya berlawanan, sehingga antara gaya K dan R terjadi saling kopel
- g. Garis kerja dari R itu memotong bidang simetris pada sumbu lateral di A yaitu sebuah garis yang melalui titik berat dan terletak pada bidang lateralnya (bidang lateral adalah proyeksi bagian kapal yang berada di bawah garis air pada bidang simetris)
- h. Garis AZ berdiri tegak lurus pada sumbu lateral, sehingga momen berada di suatu penampang/bidang melintang, maka momen angin ini hanya mengakibatkan olengan saja.

Disini terlihat bahwa bila terjadi olengan sebesar φ momen angin akan mengecil, hal ini disebabkan angin bukan lagi meniup pada layar yang tegak lurus padanya, tetapi pada layar yang sudah miring, sehingga tinggi layar serta tinggi lengan koppelnya h mengecil pula. Luas layar yang diperhitungkan

adalah luas bidang layar yang tegak lurus pada arah angin tersebut, dimana pada saat kapal oleng maka luas layar yang diperhitungkan adalah luas layar yang miring diproyeksikan terhadap bidang layar yang tegak lurus terhadap waterline, sehingga:

$$A_s \varphi = A_s \cos \varphi$$

Besarnya gaya angin atau tahanan air menjadi:

$$K \varphi = R \varphi = \tau \times A_s \cos \varphi$$

lengan momen (heeling arm) menjadi:

$$h = h \cos \varphi$$

sehingga momen angin pada saat oleng adalah:

$$\begin{aligned} M_a &= \tau \times A_s \cos \varphi \times h \cos \varphi \\ &= \tau \times A_s \cos \varphi \times h \cos^2 \varphi \end{aligned}$$

$$M_{a0} = \tau \times A_s \cos \varphi \times h$$

Maka momen angin pada saat oleng adalah

$$M_a = M_{a0} \cos^2 \varphi$$

Tabel 5.9. Hasil perhitungan M_a

$M_a = M_{a0} \cos^2 \varphi$		
φ° / Bno.	4	5
0	7568.77	13884.77
15	7962.85	12956.66
30	5296.82	9716.93
45	2647.61	4857.09
60	661.90	1214.25
75	44.40	81.45
90	0	0

Tabel 5.9 memperlihatkan hasil perhitungan Ma pada kecepatan angin V_a dengan skala angka Beaufort 4 dan 5 dengan variasi sudut 0° sampai 90° yang dipergunakan untuk menghitung lengan heeling seperti yang diperlihatkan Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Hasil perhitungan lengan heeling

Lengan heeling = Ma / ∇		
ϕ° / Bno.	4	5
0	0.641	1.176
15	0.598	1.098
30	0.448	0.823
45	0.224	0.411
60	0.056	0.102
75	0.003	0.006
90	0	0

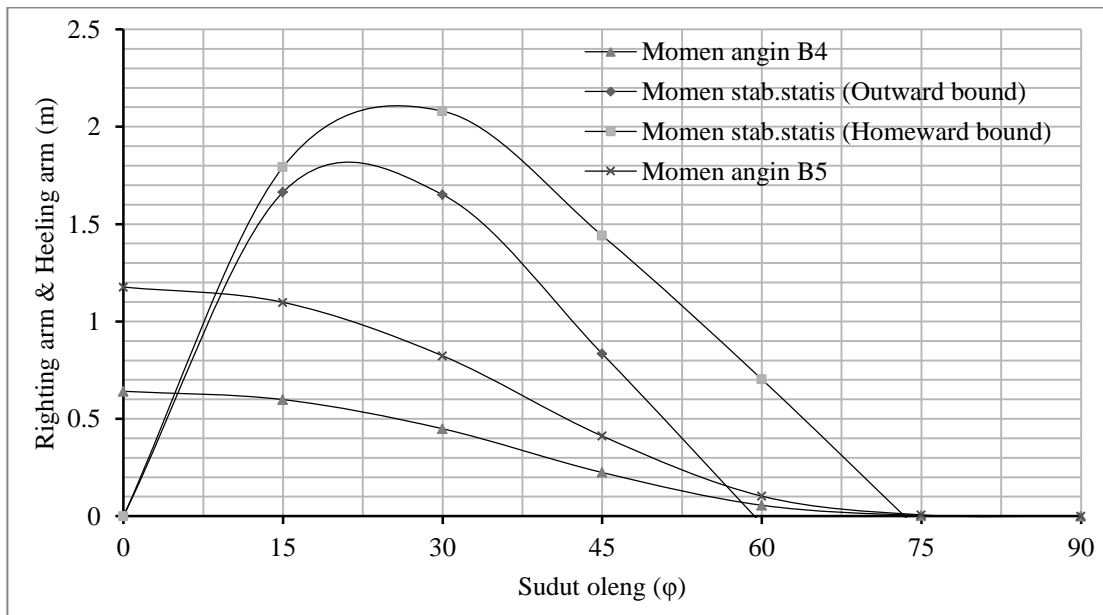
Tabel 5.10 memperlihatkan hasil perhitungan lengan heeling pada kecepatan angin V_a dengan skala angka Beaufort 4 dan 5 dengan variasi sudut 0° sampai 90° yang dipergunakan untuk menghitung keseimbangan antara momen pengembali statis dan momen angin. Pada Tabel 42 tertera righting arm sebagai lengan statis dari momen pengembali dan heeling arm sebagai lengan dari momen angin.

Tabel 5.11. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm

Sudut ϕ°	Righting arm		Heeling arm	
	Port-FG	FG-Port	BN 4	BN 5
0	0	0	0.641	1.176
15	1.664	1.793	0.598	1.098

30	1.651	2.08	0.448	0.823
45	0.834	1.441	0.224	0.411
60	-0.04	0.703	0.056	0.102
75	-0.912	-0.083	0.003	0.006
90	-1.721	-0.862	0	0

Tabel 5.11 memperlihatkan hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm pada kondisi outward bound (Port-FG) dan homeward bound (FG-Port), pada kondisi ini kapal ikan beroperasi dengan kecepatan dinas Vs 9.8 knots. Tabel 37 dipergunakan untuk menggambarkan hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm seperti diperlihatkan Gambar 5.20.



Gambar 5.20. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm

Gambar 5.20 memperlihatkan hubungan antara kurva righting dan heeling arm. Dari kurva ini dapat dihitung keseimbangan antara momen pengembali dan momen angin sehingga akan didapatkan nilai gaya yang bekerja pada layar merupakan gaya dorong

T_s pada konfigurasi kapal ikan penggerak layar ini dimana syarat keseimbangan $\nabla \times GZ = T_s \times HA$

Dari gambar 5.20 memperlihatkan keseimbangan antara momen pengembali dan momen angin terjadi pada sudut oleng sekitar 4° , 8° dan 9° . Ketika kapal ikan berlayar berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (outward bond) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 4° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $T_s = 8.610 \times 9.81 \times 0.6/9.27 = 5.467$ kN yaitu pada kecepatan angin V_a sebesar 17.15 knots (BN 5).

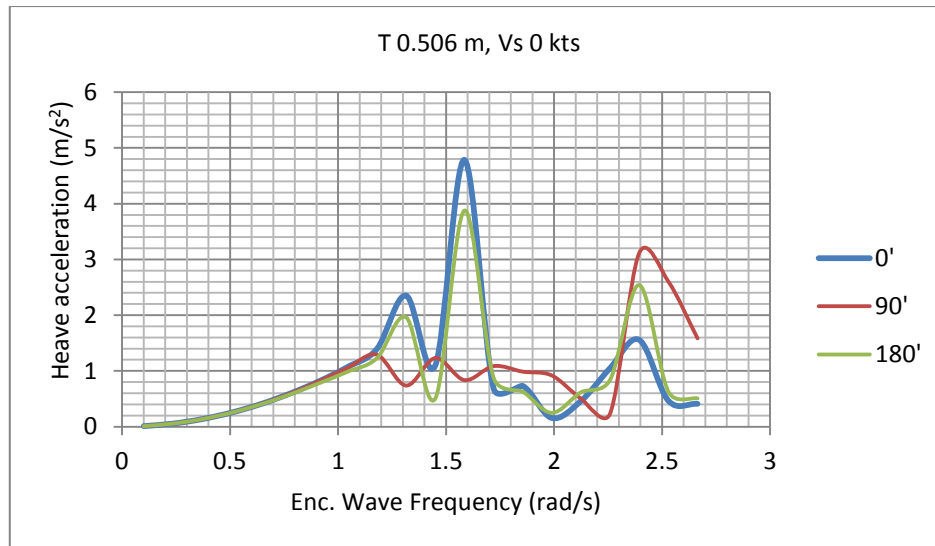
Dan ketika Ketika kapal ikan konfigurasi 3 berlayar dari tempat penangkapan ikan menuju pelabuhan (homeward bond) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 4° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $T_s = 10.745 \times 9.81 \times 0.6/9.27 = 6.823$ kN yaitu pada kecepatan angin V_a sebesar 19.16 knots (BN 5).

Ketika kapal ikan berlayar berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (outward bond) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 8° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $T_s = 8.610 \times 9.81 \times 1.15/9.27 = 10.478$ kN yaitu pada kecepatan angin V_a sebesar 23.739 knots (BN 6).

Dan ketika Ketika kapal ikan konfigurasi 3 berlayar dari tempat penangkapan ikan menuju pelabuhan (homeward bond) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 8° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $T_s = 10.745 \times 9.81 \times 1.15/9.27 = 14.083$ kN yaitu pada kecepatan angin V_a sebesar 27.5 knots (BN 6).

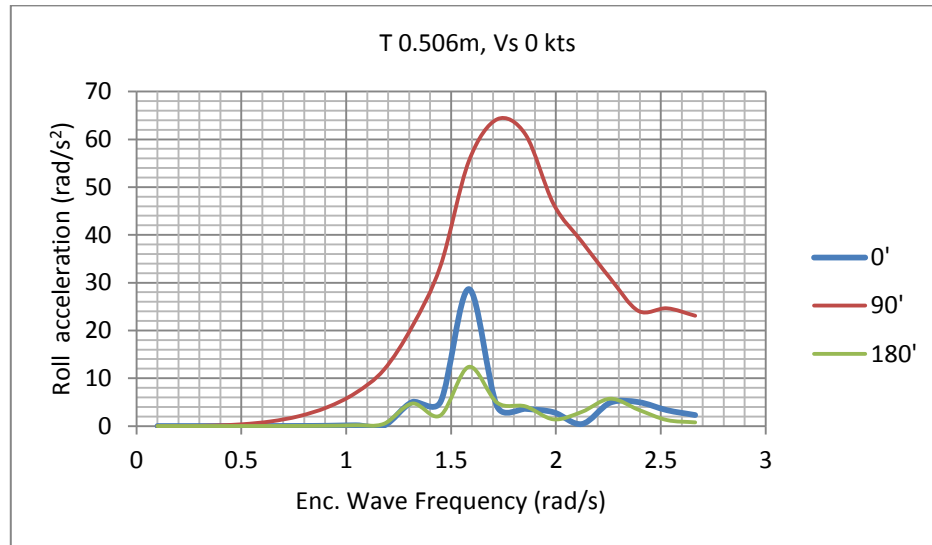
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



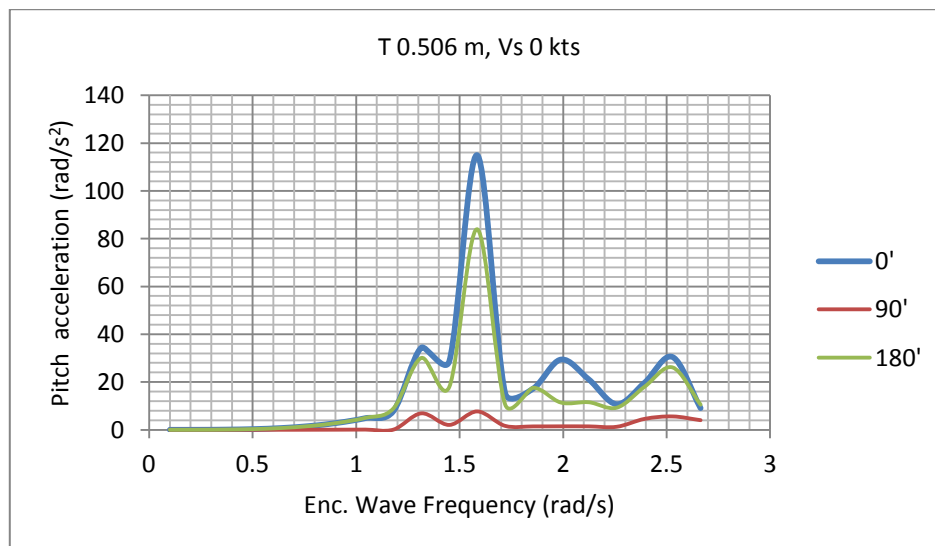
Gambar 5.21. Hubungan antara heave acceleration - Enc. Wave frequency

Gambar 5.21 memperlihatkan Hubungan antara heave acceleration – Enc. Wave frequency pada kondisi ∇ 8.610 t, T 0.506 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (Following seas), 90° (Beam seas) dan 180° (Head seas).



Gambar 5.22. Hubungan antara roll acceleration - Enc. Wave frequency

Gambar 5.22 memperlihatkan Hubungan antara roll acceleration – Enc. Wave frequency pada kondisi ∇ 8.610 t, T 0.506 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (Following seas), 90° (Beam seas) dan 180° (Head seas).



Gambar 5.23. Hubungan antara pitch acceleration - Enc. Wave frequency

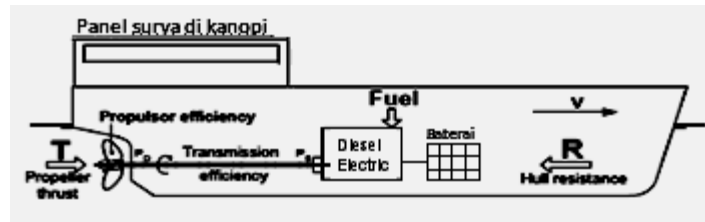
Gambar 5.23 memperlihatkan Hubungan antara pitch acceleration – Enc. Wave frequency pada kondisi ∇ 8.610 t, T 0.506 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (Following seas), 90° (Beam seas) dan 180° (Head seas).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.5\text{--}1.23\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 3 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak layar yang mempunyai berat LWT 7.070 t, DWT 4.730 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2.880 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 3 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat nilai GZ terbesar terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Ketika kapal ikan konfigurasi 3 ini beroperasi, saat kapal kondisi outward bond dengan kecepatan Vs 9.8 knots dibutuhkan kecepatan angin 17.15 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 4° . Pada kondisi homeward Vs 9.8 knots, Va 19.16 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 4° . Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.5\text{--}1.23\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat. Sementara kelemahan kapal ikan konfigurasi 3 ini adalah ketika terjadi angin mati, kapal tidak bisa beroperasi.

5.4 Konfigurasi 4



Gambar 5.24. Konfigurasi mesin-Panel Surya

Gambar 5.24 memperlihatkan konfigurasi 4 yaitu konfigurasi kapal ikan penggerak mesin-panel surya. Konsep konversi energy pada konfigurasi 4 adalah mengubah bbm dan energy surya menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui mesin diesel elektrik. Saat ini mesin diesel elektrik sering disebut dengan mesin diesel hybrid yaitu mesin diesel konvensional yang dilengkapi dengan motor listrik yang dapat bekerja secara bergantian atau bersamaan. Konsep konversi energy mesin diesel dan panel surya sudah dijelaskan pada konfigurasi 1 dan 2 secara detail.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 4 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7558 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat mesin dan perlengkapannya sebesar 460 kg, berat panel surya dan perlengkapannya 406 kg, berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4242 kg yang tdd: kebutuhan bbm sebesar 700 kg, air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 1692 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7558 kg dan DWT 4242 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka didapatkan harga sama dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi

displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 4 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1692 kg.

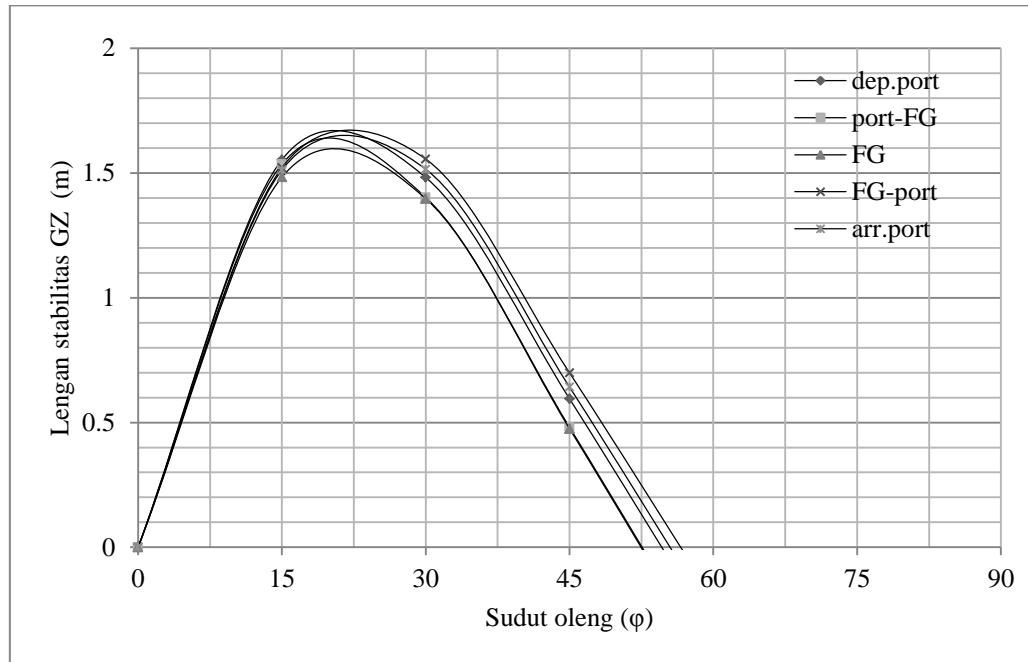
- **Pemeriksaan Stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas **statis** kapal ikan katamaran dengan penggerak layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.12

Tabel 5.12. Resume stabilitas K4

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7558	700	1250	600	1692	11800	7.150	1.017	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7558	700	1250	600	0	10108	6.831	0.995	0.594
2	Menuju fishingground	7558	574	1000	540	0	9672	6.913	0.991	0.569
3	Menangkap ikan di FG	7558	322	750	480	846	9956	7.223	1.000	0.586
4	Meninggalkan FG	7558	196	375	420	1692	10241	7.488	1.008	0.602
5	Tiba di pelabuhan	7558	70	125	330	1692	9775	7.605	1.005	0.575

Tabel 5.12 memperlihatkan titik berat konfigurasi 4 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain *full load* dari kapal ikan konfigurasi 4 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.017 m dan LCG sebesar 7.150 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.108 t dengan sarat air T sebesar 0.594 m, KG sebesar 0.995 m dan LCG sebesar 6.831 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 9.672 t dengan sarat air T sebesar 0,569 m, KG sebesar 0.991 m dan LCG sebesar 6.913 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 9.956 t dengan sarat air T sebesar 0.586 m, KG sebesar 1.000 m dan LCG sebesar 7.223 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.241 t dengan sarat air T sebesar 0.602 m, KG sebesar 1.008 m dan LCG sebesar 7.488 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.775 t dengan sarat air T sebesar 0.575 m, KG sebesar 1.005 m dan LCG sebesar 7.605 m.



Gambar 5.25. Kurva stabilitas statis konfigurasi mesin-panel surya

Gambar 5.25 memperlihatkan Kurva stabilitas statis konfigurasi mesin-panel surya pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.67 m terjadi pada sudut 18° , kondisi 2 sebesar 1.65 m terjadi pada sudut 17° , kondisi 3 sebesar 1.6 m terjadi pada sudut 18° , kondisi 4 sebesar 1.68 m terjadi pada sudut 22° dan kondisi 5 sebesar 1.65 m yang terjadi pada sudut 21° . Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 54° , kondisi 2 sebesar 52.5° , kondisi 3 sebesar 52.5° , kondisi 4 sebesar 57° dan kondisi 5 sebesar 55° . Pada kondisi 2, saat kapal ikan konfigurasi 4 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.569 m dan displasemen 9.672 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

- Persyaratan Stabilitas

Tabel 5.13. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

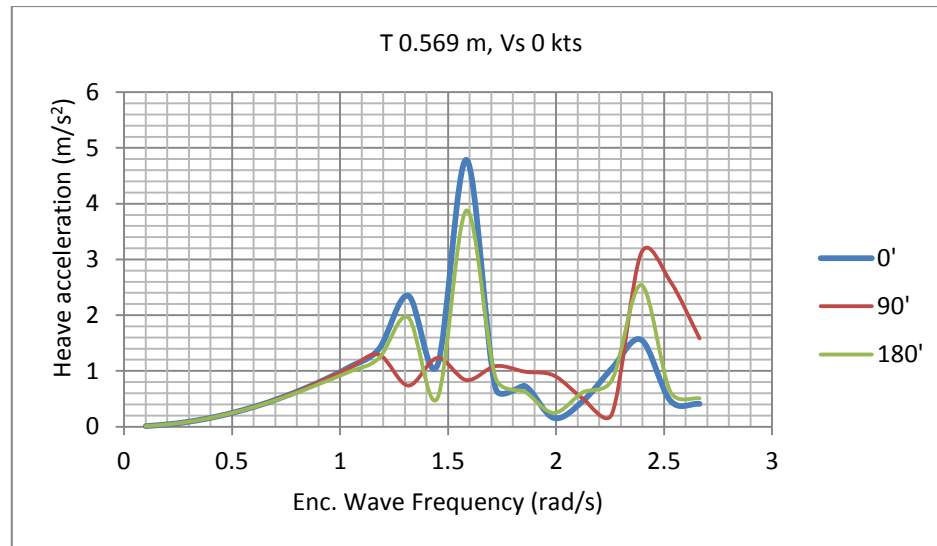
No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30 ⁰	25.822	25.83	25.79	28.64	25.74	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40 ⁰	0.928	0.998	1.085	1.156	1.196	m.rad	≥ 0.090	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30 ⁰ -40 ⁰	0.245	0.273	0.318	0.355	0.371	m.rad	≥ 0.030	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^0$	1.785	1.920	2.131	2.305	2.383	m	≥ 0.200	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	18	17	18	22	21	degree	$\geq 10^0$	pass
6	GM awal	8.018	8.813	8.074	7.489	7.865	m	≥ 0.150	pass

Tabel 5.13 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi mesin-panel surya pada berbagai kondisi. Hasil perhitungan stabilitas konfigurasi 4 ini semuanya memenuhi persyaratan menurut *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016*.

Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi panel surya pada berbagai kondisi adalah pada kondisi 1 oleng (T) natural sebesar 6.39 detik, kondisi 2 sebesar 6.17 detik, kondisi 3 sebesar 6.46 detik, kondisi 4 sebesar 6.63 detik dan kondisi 5 sebesar 6.52 detik. Gerak periode oleng konfigurasi panel surya pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

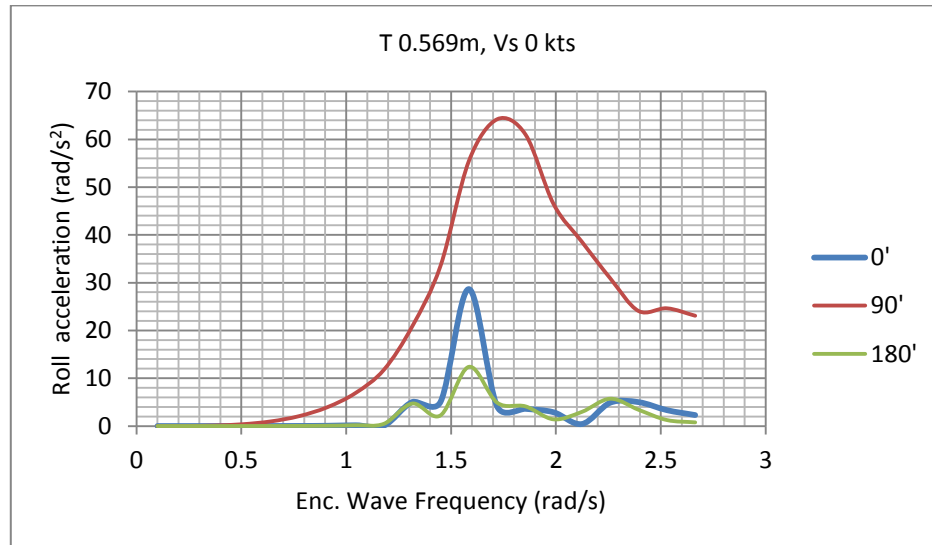
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



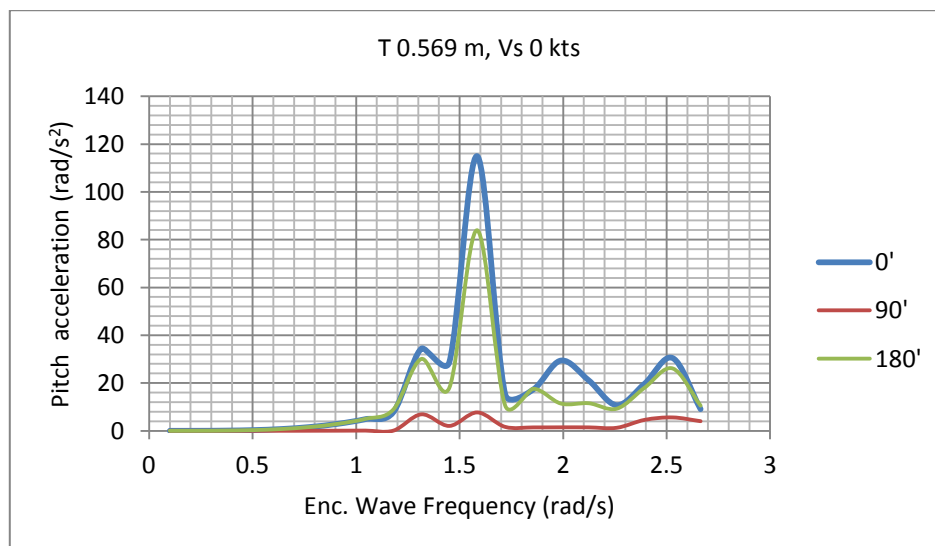
Gambar 5.26. Hubungan antara heave acceleration - Enc. Wave frequency

Gambar 5.26 memperlihatkan Hubungan antara heave acceleration – Enc. Wave frequency pada kondisi ∇ 9.672 t, T 0.569 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.27. Hubungan antara roll acceleration - Enc. Wave frequency

Gambar 5.27 memperlihatkan Hubungan antara roll acceleration – Enc. Wave frequency pada kondisi ∇ 9.672 t, T 0.569 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.28. Hubungan antara pitch acceleration - Enc. Wave frequency

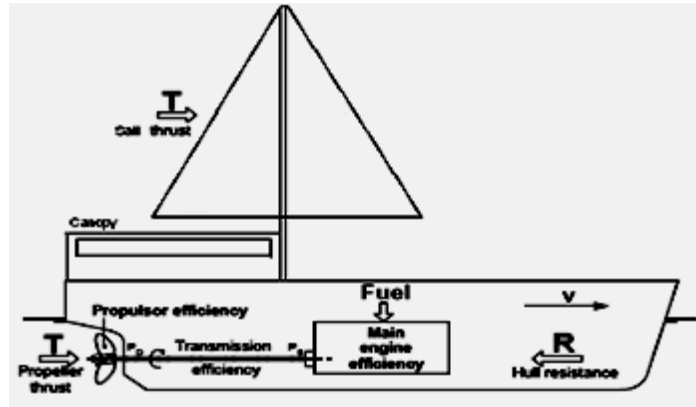
Gambar 5.28 memperlihatkan Hubungan antara pitch acceleration – Enc. Wave frequency pada kondisi ∇ 9.672 t, T 0.569 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.45\text{--}1.10\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 4 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin-panel surya yang mempunyai berat LWT 7558 t, DWT 4242 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1692 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 4 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat nilai GZ terbesar pada setiap kondisi terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.45\text{--}1.10\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat.

5.5 Konfigurasi 5



Gambar 5.29. Konfigurasi mesin-layar

Gambar 5.29 memperlihatkan konfigurasi 5 yaitu konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin-layar. Konsep konversi energy pada konfigurasi 5 adalah mengubah bbm dan energy angin menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui mesin dan layar. Konsep konversi energy mesin diesel dan panel surya sudah dijelaskan pada konfigurasi 1 dan 3 secara detail.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 5 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7338 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat mesin dan perlengkapannya sebesar 268 kg, berat layar dan perlengkapannya 378 kg, berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4462 kg yang tdd: kebutuhan bbm sebesar 407 kg, air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 2205 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7338 kg dan DWT 4462 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka didapatkan harga sama

dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 1 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2205 kg.

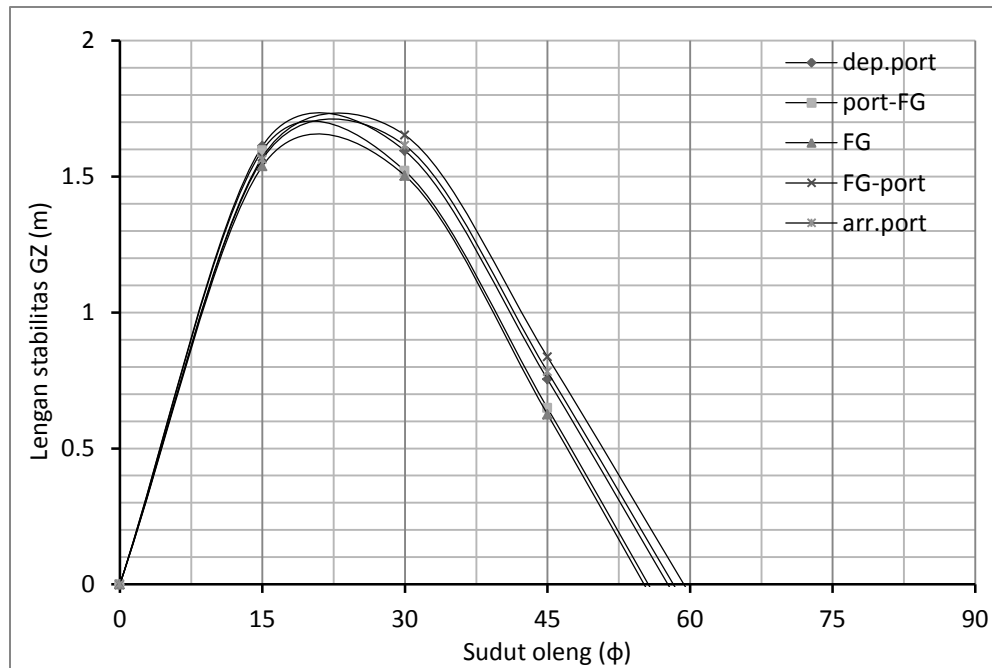
- **Pemeriksaan Stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas **statis** kapal ikan katamaran dengan penggerak layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Resume stabilitas K5

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7338	407	1250	600	2205	11800	6.999	1.287	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7338	407	1250	600	0	9595	6.525	1.319	0.564
2	Menuju fishingground	7338	334	1000	540	0	9212	6.579	1.329	0.542
3	Menangkap ikan di FG	7338	188	750	480	1103	9859	6.932	1.321	0.580
4	Meninggalkan FG	7338	115	375	420	2205	10453	7.234	1.314	0.615
5	Tiba di pelabuhan	7338	42	125	330	2205	10040	7.315	1.324	0.590

Tabel 5.14 memperlihatkan titik berat konfigurasi 5 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain *full load* dari kapal ikan konfigurasi 5 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.287 m dan LCG sebesar 6.999 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.595 t dengan sarat air T sebesar 0.564 m, KG sebesar 1.319 m dan LCG sebesar 6.525 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 9.212 t dengan sarat air T sebesar 0.542 m, KG sebesar 1.329 m dan LCG sebesar 6.579 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 9.859 t dengan sarat air T sebesar 0.580 m, KG sebesar 1.321 m dan LCG sebesar 6.932 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.453 t dengan sarat air T sebesar 0.615 m, KG sebesar 1.314 m dan LCG sebesar 7.234 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.040 t dengan sarat air T sebesar 0.590 m, KG sebesar 1.324 m dan LCG sebesar 7.315 m.



Gambar 5.30. Kurva stabilitas statis

Gambar 5.30 memperlihatkan Kurva stabilitas statis pada kondisi *Dep.Port*, *Port-FG*, *FG*, *FG-Port* dan *Arr.Port*. Pada kondisi *Dep.Port* harga GZ tertinggi sebesar 1.75 m terjadi pada sudut 20°, *Port-FG* 1.7 m terjadi pada sudut 20°, *FG* 1.65 m terjadi pada sudut 20°, *FG-Port* 1.75 m terjadi pada sudut 24° dan *Arr.Port* 1.72 m yang terjadi pada sudut 22°. Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: *Dep.Port* 57.5°, *Port-FG* 55°, *FG* 54°, *FG-Port* 59° dan *Arr.Port* 58°. Pada kondisi 2 (*Port-FG*), saat kapal ikan konfigurasi 5 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.542m dan displasemen 9.212 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

- Persyaratan Stabilitas

Tabel 5.15. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30 ⁰	25.377	25.36	25.37	25.32	25.32	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40 ⁰	0.928	0.998	1.085	1.156	1.196	m.rad	≥ 0.090	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30 ⁰ -40 ⁰	0.245	0.273	0.318	0.355	0.371	m.rad	≥ 0.030	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^0$	1.785	1.920	2.131	2.305	2.383	m	≥ 0.200	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	20	20	20	24	22	degree	$\geq 10^0$	pass
6	GM awal	8.018	8.813	8.074	7.489	7.865	m	≥ 0.150	pass

Tabel 5.15 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi mesin-layar pada berbagai kondisi.

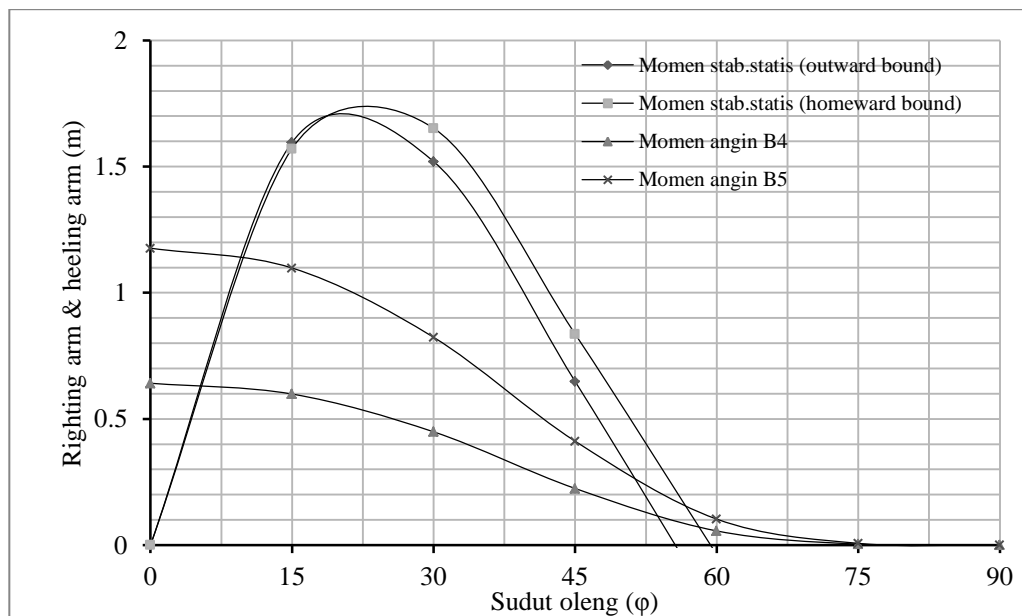
Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi mesin-layar pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 periode oleng (T) natural sebesar 6.23 detik, kondisi 2 sebesar 6.01 detik, kondisi 3 sebesar 6.39 detik, kondisi 4 sebesar 6.63 detik dan kondisi 5 sebesar 6.52 detik. Gerak periode oleng pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

- **Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin.**

Tabel 5.16. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm

	Righting arm (GZ)		Heeling arm	
	outward	homeward	BN4	BN5
0	0	0	0.641	1.176
15	1.596	1.571	0.598	1.098
30	1.52	1.652	0.448	0.823
45	0.648	0.836	0.224	0.411
60	-0.268	-0.038	0.056	0.102
75	-1.166	-0.91	0.003	0.006
90	-1.984	-1.718	0	0

Tabel 5.16 memperlihatkan hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm konfigurasi mesin-layar pada kondisi *outward bound* dan *homeward bound*, dimana pada kondisi ini kapal direncanakan dengan kecepatan dinas Vs 9.8 knots.



Gambar 5.31. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm

Gambar 5.31 memperlihatkan hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm yang terjadi pada konfigurasi 5. Dari gambar terlihat keseimbangan antara momen

pengembali dan momen angin terjadi pada sudut oleng sekitar 5° dan 8° . Ketika kapal ikan konfigurasi 5 ini berlayar berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (*outward bond*) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 5° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $Ts = 9.212 \times 9.81 \times 0.63/9.27 = 6.142$ kN akan tetapi separuhnya dari gaya dorong tersebut ditanggung oleh mesin. Jadi gaya yang bekerja pada layar Ts hanya sebesar $6.142/2 = 3.071$ kN saja dengan dukungan kecepatan angin Va sebesar 12.85 knots (BN 4).

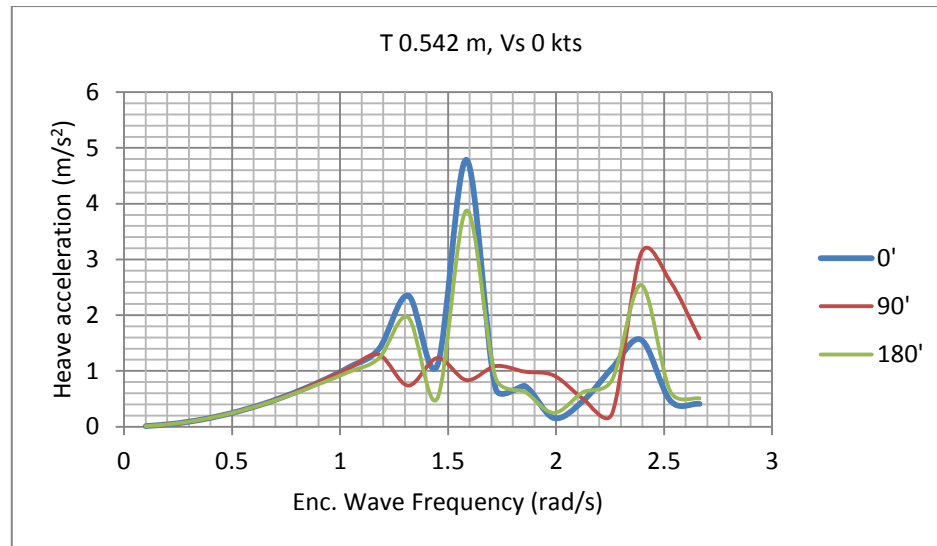
Dan ketika Ketika kapal ikan konfigurasi 5 berlayar dari tempat penangkapan ikan menuju pelabuhan (*homeward bond*) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 5° juga, sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $Ts = \frac{1}{2} \times 10.453 \times 9.81 \times 0.63/9.27 = 3.484$ kN yaitu pada kecepatan angin Va sebesar 13.69 knots (BN 4).

Ketika kapal ikan konfigurasi 5 ini berlayar berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (*outward bond*) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 8° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $Ts = \frac{1}{2} \times 9.212 \times 9.81 \times 1.15/9.27 = 5.605$ kN yaitu pada kecepatan angin Va sebesar 17.36 knots (BN 5).

Dan ketika Ketika kapal ikan konfigurasi 5 ini berlayar dari tempat penangkapan ikan menuju pelabuhan (*homeward bond*) dengan kecepatan 9.8 knots terjadi keseimbangan pada sudut oleng sekitar 8° , sehingga dapat dihitung nilai dari gaya yang bekerja pada layar $Ts = \frac{1}{2} \times 10.453 \times 9.81 \times 1.15/9.27 = 6.360$ kN yaitu pada kecepatan angin Va sebesar 18.495 knots (BN 5).

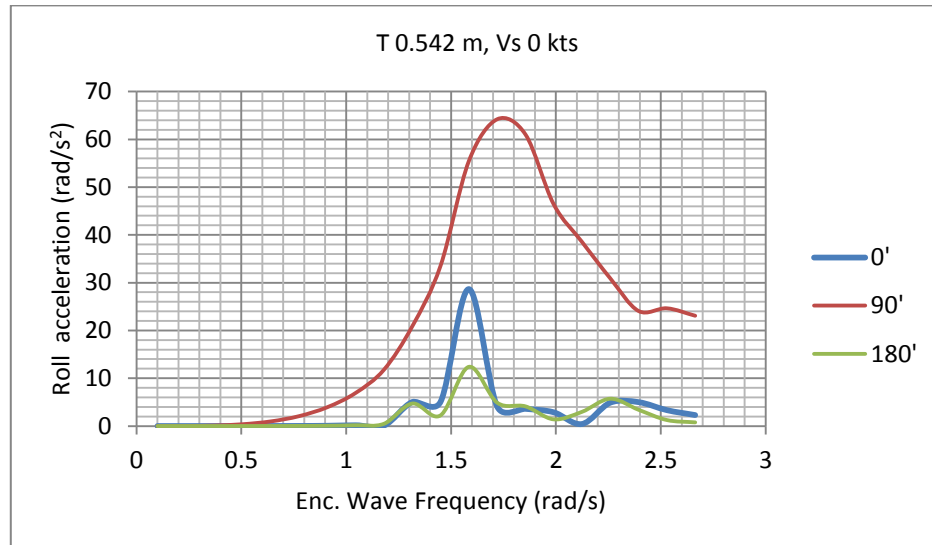
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



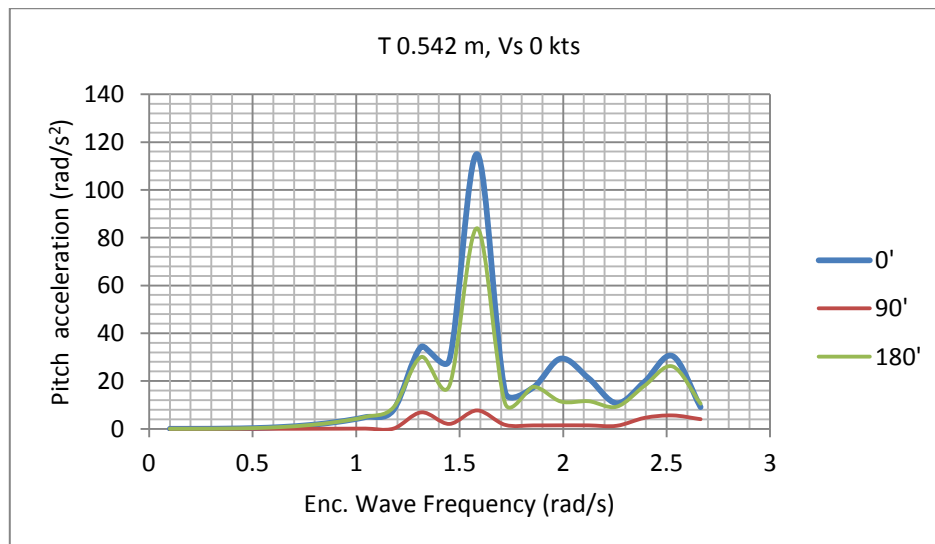
Gambar 5.32. Hubungan antara *heave acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.32 memperlihatkan Hubungan antara *heave acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.212 t, T 0.542 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.33. Hubungan antara *roll acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.33 memperlihatkan Hubungan antara *roll acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.212 t, T 0.542 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.34. Hubungan antara *pitch acceleration* - *Enc. Wave frequency*

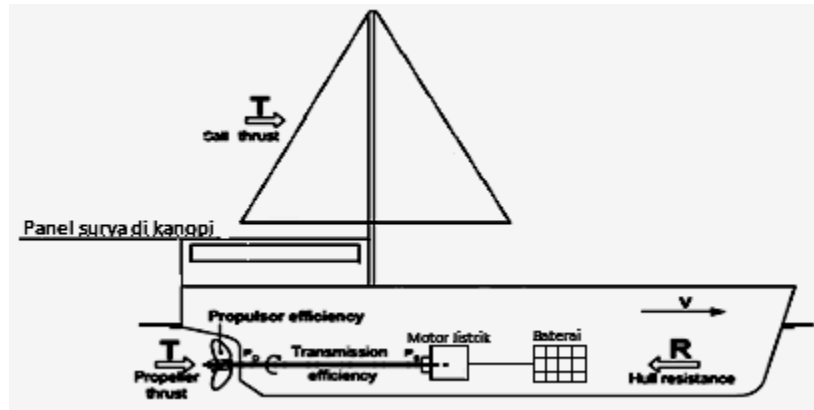
Gambar 5.34 memperlihatkan Hubungan antara *pitch acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.212 t, T 0.542 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.47\text{--}1.15\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 5 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin dan layar yang mempunyai berat LWT 7.338 t, DWT 4.242 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2.205 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 5 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat nilai GZ terbesar terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Ketika kapal ikan konfigurasi 5 ini beroperasi, saat kapal kondisi *outward bond* dengan kecepatan Vs 9.8 knots dibutuhkan kecepatan angin 12.85 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 4° . Pada kondisi homeward Vs 9.8 knots, Va 13.69 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 4° . Kelemahan kapal ikan konfigurasi 5 adalah ketika terjadi angin mati, kapal beroperasi dengan tenaga mesin 30 kW dengan gaya dorong sebesar 3.342 kN. Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.47\text{--}1.15\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat.

5.6 Konfigurasi 6



Gambar 5.35. Konfigurasi panel surya-layar

Gambar 5.35 memperlihatkan konfigurasi 6 yaitu konfigurasi kapal ikan dengan penggerak panel surya dan layar. Konsep konversi energy pada konfigurasi 6 adalah mengubah energy surya dan energy angin menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui panel surya dan layar. Konsep konversi energy panel surya dan layar sudah dijelaskan pada konfigurasi 2 dan 3 secara detail.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 4 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7476 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat panel suryadan perlengkapannya sebesar 406 kg, berat layar dan perlengkapannya 378 kg, berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4324 kg yang tdd: kebutuhan air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 2474 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7476 kg dan DWT 4324 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka didapatkan harga sama dengan berat Δ

11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 1 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2474 kg.

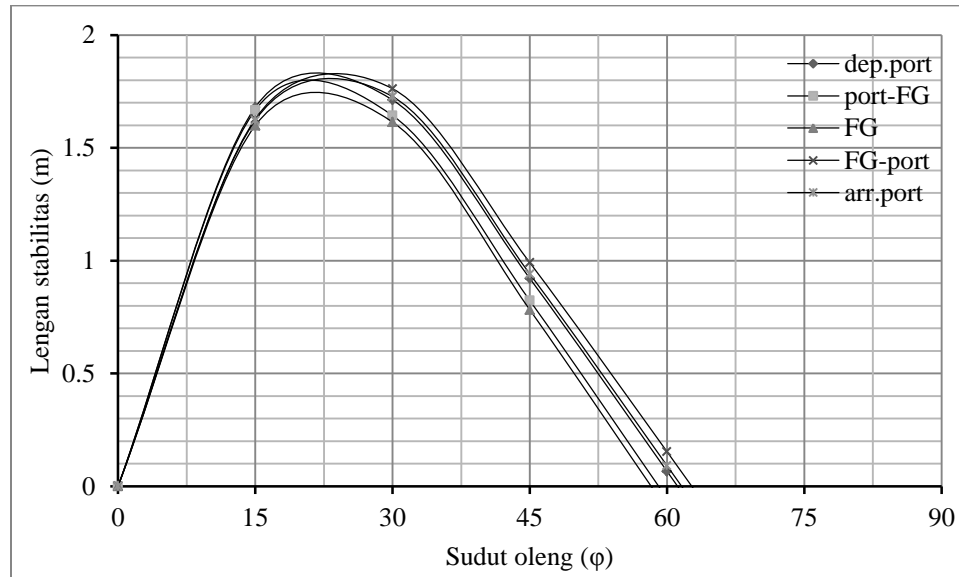
- **Pemeriksaan Stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas statis kapal ikan katamaran dengan penggerak layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.17

Tabel 5.17. Resume stabilitas K6

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7476	0	1250	600	2474	11800	7.350	1.317	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7476	0	1250	600	0	9326	6.882	1.364	0.548
2	Menuju fishingground	7476	0	1000	540	0	9016	6.888	1.365	0.530
3	Menangkap ikan di FG	7476	0	750	480	1237	9943	7.196	1.347	0.585
4	Meninggalkan FG	7476	0	375	420	2474	10745	7.473	1.335	0.632
5	Tiba di pelabuhan	7476	0	125	330	2474	10405	7.532	1.343	0.612

Tabel 5.17 memperlihatkan titik berat konfigurasi 6 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain *full load* dari kapal ikan konfigurasi 6 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.317 m dan LCG sebesar 7.350 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.326 t dengan sarat air T sebesar 0.548 m, KG sebesar 1.364 m dan LCG sebesar 6.882 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 9.016 t dengan sarat air T sebesar 0.530 m, KG sebesar 1.365 m dan LCG sebesar 6.888 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 9.943 t dengan sarat air T sebesar 0.585 m, KG sebesar 1.347 m dan LCG sebesar 7.196 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.745 t dengan sarat air T sebesar 0.632 m, KG sebesar 1.335 m dan LCG sebesar 7.473 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.405 t dengan sarat air T sebesar 0.612 m, KG sebesar 1.343 m dan LCG sebesar 7.532 m.



Gambar 5.36. Kurva stabilitas statis konfigurasi panel surya-layar

Gambar 5.36 memperlihatkan Kurva stabilitas statis pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.83 m terjadi pada sudut 22° , kondisi 2 sebesar 1.8 m terjadi pada sudut 21° , kondisi 3 sebesar 1.75 m terjadi pada sudut 22° , kondisi 4 sebesar 1.83 m terjadi pada sudut 24° dan kondisi 5 sebesar 1.8 m yang terjadi pada sudut 23° . Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 61° , kondisi 2 sebesar 59° , kondisi 3 sebesar 58° , kondisi 4 sebesar 61.5° dan kondisi 5 sebesar 62.5° . Pada kondisi 2 saat kapal ikan konfigurasi 5 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.530 m dan displasemen 9.016 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

- Persyaratan Stabilitas

Hasil perhitungan deskripsi persyaratan konfigurasi panel surya-layar pada berbagai kondisi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30 ⁰	25.327	25.316	25.328	25.256	25.256	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40 ⁰	0,781	0,749	0,734	0,798	0,782	m.rad	$\geq 0,090$	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30 ⁰ -40 ⁰	0,181	0,164	0,163	0,197	0,188	m.rad	$\geq 0,030$	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^0$	1,482	1,402	1,397	1,556	1,515	m	$\geq 0,200$	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	22	21	22	23	24	degree	$\geq 10^0$	pass
6	GM awal	7,261	7,611	6,540	5,990	6,129	m	$\geq 0,150$	pass

Tabel 5.18 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi panel surya-layar pada berbagai kondisi.

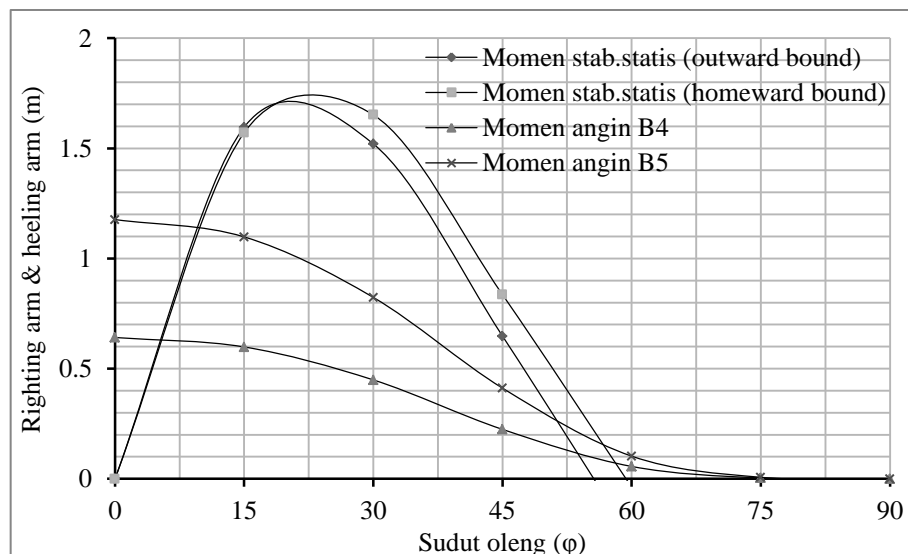
Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi panel surya-layar pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 periode oleng (T) natural sebesar 6,32 detik, kondisi 2 sebesar 6,09 detik, kondisi 3 sebesar 6,49 detik, kondisi 4 sebesar 6,73 detik dan kondisi 5 sebesar 6,62 detik. Gerak periode oleng pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

- Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin

Tabel 5.19. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm

	Righting arm (GZ)		Heeling arm	
	outward	homeward	BN4	BN5
0	0	0	0.641	1.176
15	1.596	1.571	0.598	1.098
30	1.52	1.652	0.448	0.823
45	0.648	0.836	0.224	0.411
60	-0.268	-0.038	0.056	0.102
75	-1.166	-0.91	0.004	0.007
90	-1.984	-1.718	0	0

Tabel 5.19 memperlihatkan hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm konfigurasi panel surya-layar pada kondisi *outward bound* dan *homeward bound*, dimana pada kondisi ini kapal direncanakan dengan kecepatan dinas V_s 9.8 knots. Sedangkan Tabel 5.19 tersebut dipergunakan menggambarkan hubungan antara kurva momen stabilitas statis dan momen angin seperti diperlihatkan Gambar 5.37.

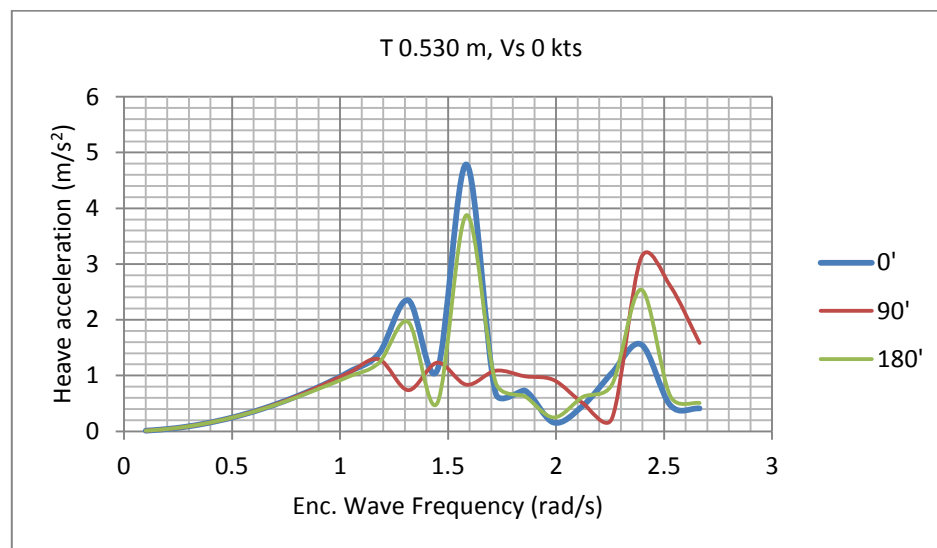


Gambar 5.37. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm

Gambar 5.37 memperlihatkan hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm untuk menghitung keseimbangan antara momen pengembali dan momen angin. Dari hubungan ini akan didapatkan nilai gaya yang bekerja pada layar yang juga merupakan gaya dorong layar T_s untuk menggerakkan kapal. Pada konfigurasi konfigurasi panel surya-layar ini, gaya dorong yang dipergunakan untuk menggerakkan kapal dihasilkan melalui propeller dan layar yaitu sebesar 0.935 kN dan 5.75 kN.

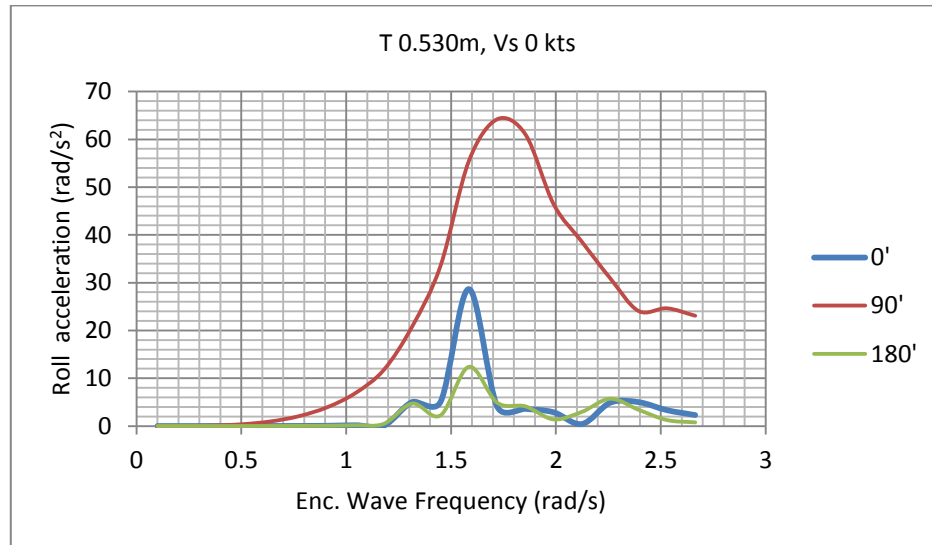
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



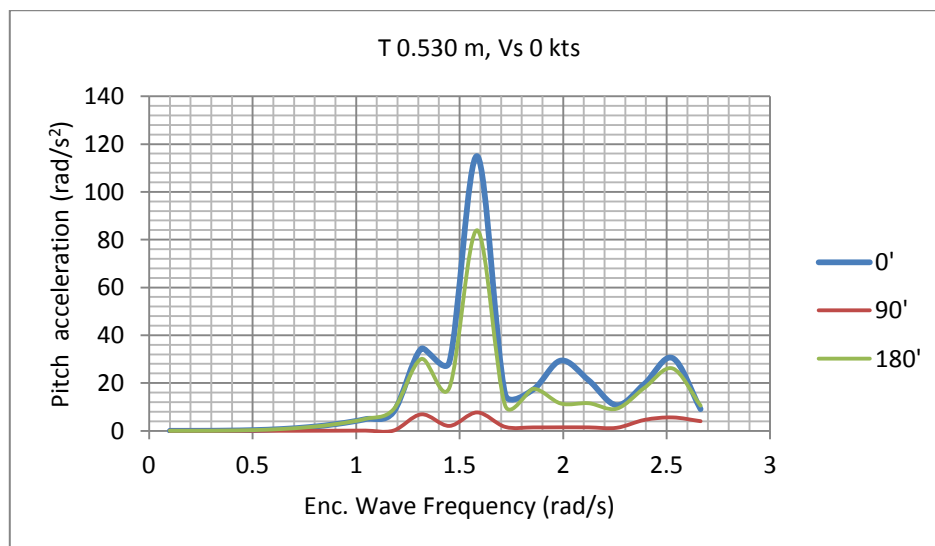
Gambar 5.38. Hubungan antara *heave acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.38 memperlihatkan Hubungan antara *heave acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.016 t, T 0.530 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.39. Hubungan antara *roll acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.39 memperlihatkan Hubungan antara *roll acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.016 t, T 0.530 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.40. Hubungan antara *pitch acceleration* - *Enc. Wave frequency*

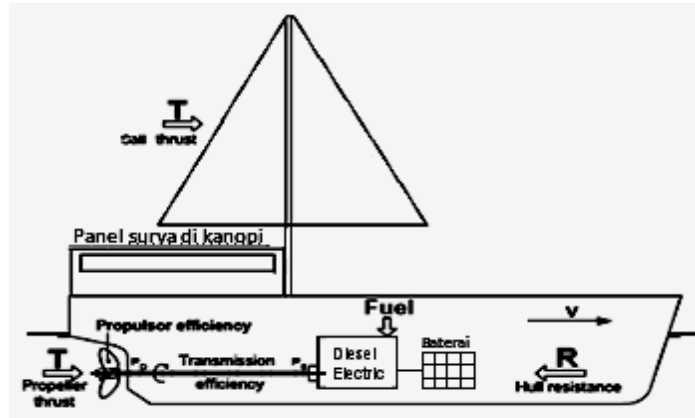
Gambar 5.40 memperlihatkan Hubungan antara *pitch acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.016 t, T 0.530 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.48\text{--}1.18\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 6 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak panel surya dan layar yang mempunyai berat LWT 7.476 t, DWT 4.324 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 2.474 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 6 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat nilai GZ terbesar terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Ketika kapal ikan konfigurasi 6 ini beroperasi, saat kapal kondisi *outward bond* dengan kecepatan Vs 9.8 knots dibutuhkan kecepatan angin 16.56 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 5.3° . Pada kondisi homeward Vs 9.8 knots, Va 18.15 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 5.3° . Kelemahan kapal ikan konfigurasi 6 adalah ketika terjadi angin mati, kapal beroperasi dengan tenaga panel surya sebesar 8.4 kW dengan gaya dorong sebesar 0.935 kN. Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.48\text{--}1.18\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat.

5.7 Konfigurasi 7



Gambar 5.41. Konfiugurasi mesin-panel surya-layar

Gambar 5.41 memperlihatkan konfigurasi 7 yaitu konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin, panel surya dan layar. Konsep konversi energy pada konfigurasi 7 adalah mengubah energy fosil (bbm), energy surya dan energy angin menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui mesin, panel surya dan layar. Konsep konversi energy mesin, panel surya dan layar sudah dijelaskan pada konfigurasi 1, 2 dan 3 secara detail.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 7 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7669 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat mesin 193 kg, berat panel surya dan perlengkapannya sebesar 406 kg, berat layar dan perlengkapannya 378 kg, berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 4131 kg yang tdd: berat bbm sebesar 294 kg, kebutuhan air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 1967 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7669 kg dan DWT 4131 kg, jika keduanya

dijumlahkan, maka didapatkan harga sama dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 7 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1967 kg.

• Pemeriksaan Stabilitas

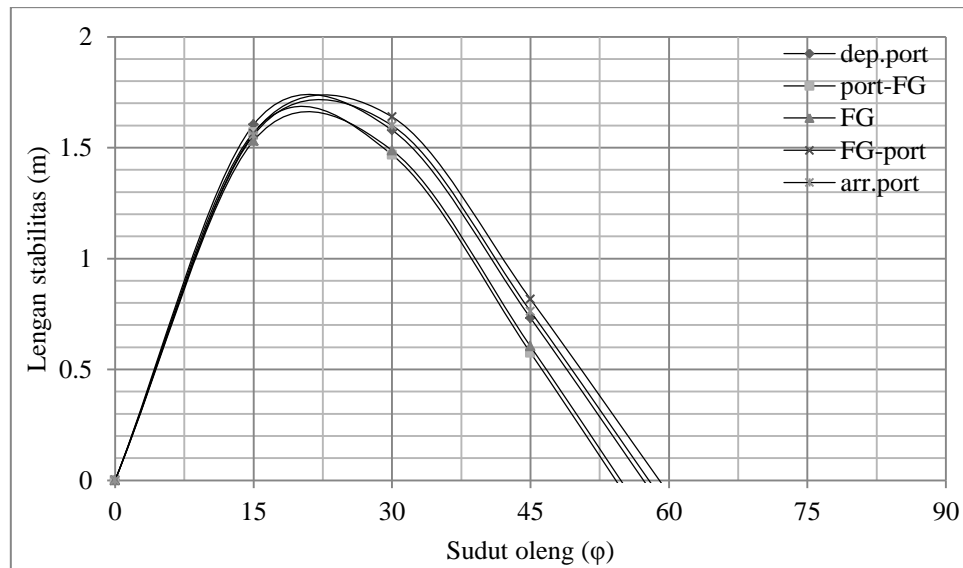
Hasil perhitungan stabilitas **statis** kapal ikan katamaran dengan penggerak mesin, panel surya dan layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Resume stabilitas K7

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7669	294	1250	600	1987	11800	7.207	1.297	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7669	294	1250	600	0	9813	6.832	1.327	0.577
2	Menuju fishingground	7669	242	1000	540	0	9451	6.889	1.337	0.556
3	Menangkap ikan di FG	7669	138	750	480	994	10031	7.181	1.329	0.604
4	Meninggalkan FG	7669	86	375	420	1987	10537	7.437	1.323	0.648
5	Tiba di pelabuhan	7669	34	125	330	1987	10145	7.517	1.333	0.625

Tabel 5.20 memperlihatkan titik berat konfigurasi 7 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain full load dari kapal ikan konfigurasi 7 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.297 m dan LCG sebesar 7.207 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 9.813 t dengan sarat air T sebesar 0.577 m, KG sebesar 1.327 m dan LCG sebesar 6.832 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 9.451 t dengan sarat air T sebesar 0.556 m, KG sebesar 1.337 m dan LCG sebesar 6.889 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 10.031 t dengan sarat air T sebesar 0.604 m, KG sebesar 1.329 m dan LCG sebesar 7.181 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.537 t dengan sarat air T sebesar 0.648 m, KG sebesar

1.323 m dan LCG sebesar 7.437 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.145 t dengan sarat air T sebesar 0.625 m, KG sebesar 1.333 m dan LCG sebesar 7.517 m.



Gambar 5.42. Kurva stabilitas statis konfigurasi mesin-panel surya-layar

Gambar 5.42 memperlihatkan Kurva stabilitas statis pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.73 m terjadi pada sudut 21°, kondisi 2 sebesar 1.68 m terjadi pada sudut 20°, kondisi 3 sebesar 1.66 m terjadi pada sudut 21°, kondisi 4 sebesar 1.73 m terjadi pada sudut 23° dan kondisi 5 sebesar 1.71 m yang terjadi pada sudut 22°. Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 57.2°, kondisi 2 sebesar 54.2°, kondisi 3 sebesar 54.8°, kondisi 4 sebesar 59° dan kondisi 5 sebesar 57.8°. Pada kondisi 2 saat kapal ikan konfigurasi 5 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.556 m dan displasemen 9.451 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

- Persyaratan Stabilitas

Hasil perhitungan deskripsi persyaratan konfigurasi panel surya-layar pada berbagai kondisi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30 ⁰	25.343	25.334	25.343	25.296	25.293	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40 ⁰	0.828	0.781	0.778	0.838	0.822	m.rad	≥ 0,090	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30 ⁰ -40 ⁰	0.202	0.178	0.183	0.214	0.206	m.rad	≥ 0,030	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut ≥ 30 ⁰	1.579	1.468	1.488	1.639	1.600	m	≥ 0,200	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	21	20	21	23	22	degree	≥ 10 ⁰	pass
6	GM awal	7.455	7.743	6.723	6.156	6.299	m	≥ 0,150	pass

Tabel 5.21 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi mesin, panel surya-layar pada berbagai kondisi.

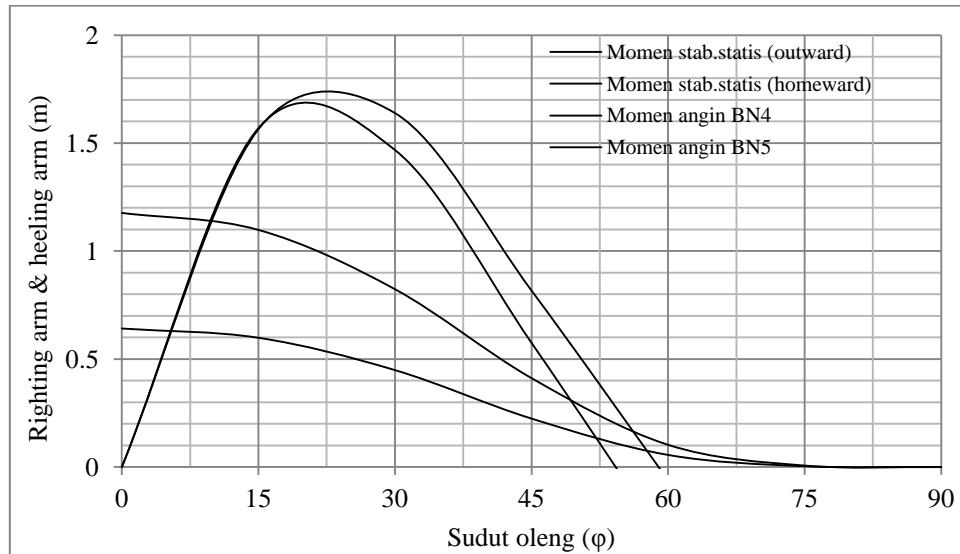
Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi panel surya-layar pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 periode oleng (T) natural sebesar 6.24 detik, kondisi 2 sebesar 6.05 detik, kondisi 3 sebesar 6.41 detik, kondisi 4 sebesar 6.64 detik dan kondisi 5 sebesar 6.53 detik. Gerak periode oleng pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

- **Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin.**

Tabel 5.22. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm

	Righting arm (GZ)		Heeling arm	
	outward	homeward	BN4	BN5
0	0	0	0.641	1.176
15	1.569	1.564	0.598	1.098
30	1.468	1.639	0.448	0.823
45	0.575	0.817	0.224	0.411
60	-0.358	-0.061	0.056	0.102
75	-1.267	-0.936	0.003	0.006
90	-2.088	-1.745	0	0

Tabel 5.22 memperlihatkan hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm konfigurasi mesin-panel surya-layar pada kondisi *outward bound* dan *homeward bound*, dimana pada kondisi ini kapal direncanakan dengan kecepatan dinas V_s 9.8 knots. Sedangkan Tabel 5.22 dipergunakan menggambarkan hubungan antara kurva momen stabilitas statis dan momen angin seperti diperlihatkan Gambar 5.43.

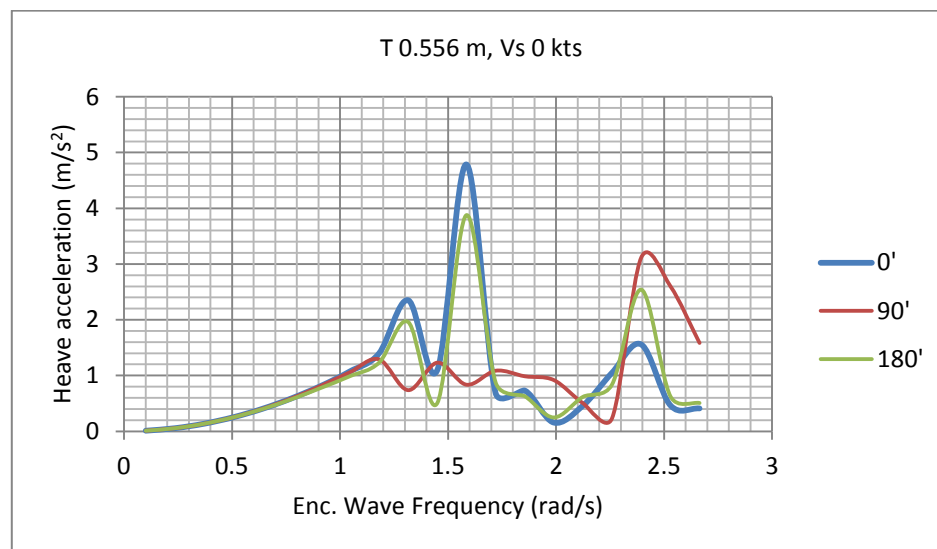


Gambar 5.43. Hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm

Gambar 5.43 memperlihatkan hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm untuk menghitung keseimbangan antara momen pengembali dan momen angin. Dari hubungan ini akan didapatkan nilai gaya yang bekerja pada layar yang juga merupakan gaya dorong layar T_s untuk menggerakkan kapal. Pada konfigurasi konfigurasi mesin-panel surya-layar ini, gaya dorong yang dipergunakan untuk menggerakkan kapal dihasilkan oleh mesin sebesar 2.407 kN, panel surya sebesar 0.935 kN melalui propeller dan layar yaitu sebesar 3.342 kN

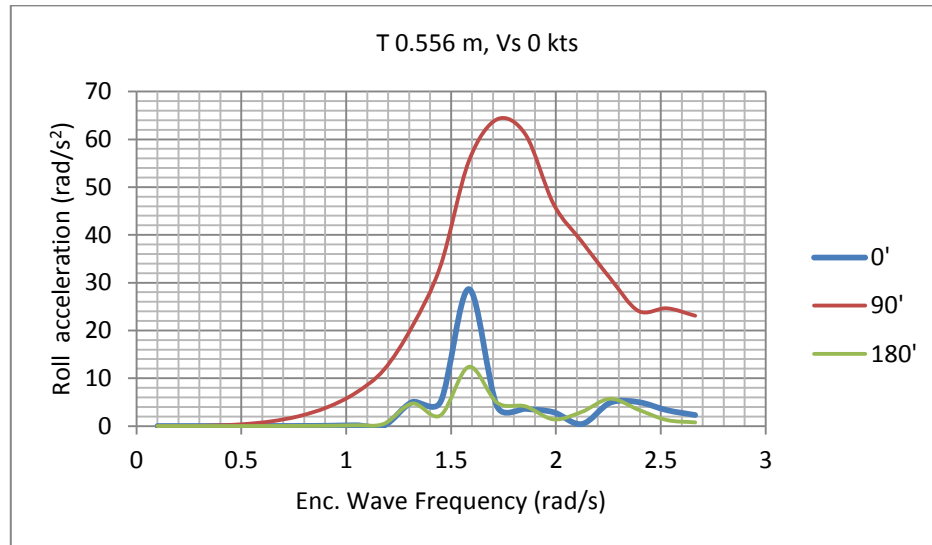
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



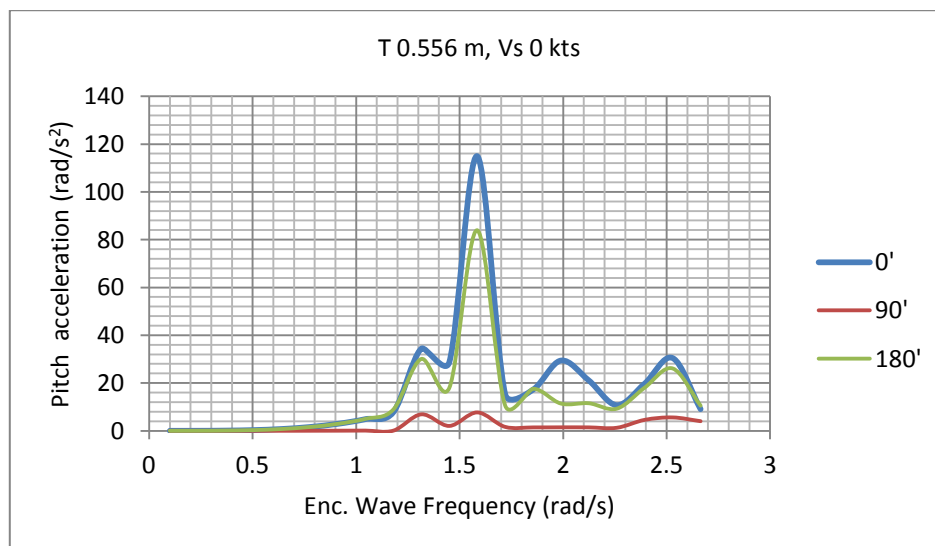
Gambar 5.44. Hubungan antara *heave acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.44 memperlihatkan Hubungan antara *heave acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.451 t, T 0.556 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.45. Hubungan antara *roll acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.45 memperlihatkan Hubungan antara *roll acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.451 t, T 0.556 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.46. Hubungan antara *pitch acceleration* - *Enc. Wave frequency*

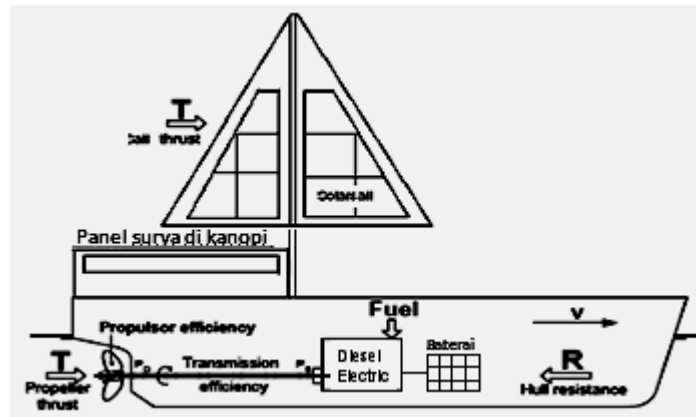
Gambar 5.46 memperlihatkan Hubungan antara *pitch acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 9.451 t, T 0.556 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.46\text{--}1.12\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 7 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak panel surya dan layar yang mempunyai berat LWT 7.669 t, DWT 4.131 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1.967 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 7 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat nilai GZ terbesar terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Ketika kapal ikan konfigurasi 7 ini beroperasi, saat kapal kondisi *outward bond* dengan kecepatan Vs 9.8 knots dibutuhkan kecepatan angin 16.96 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 5.3° . Pada kondisi *homeward* Vs 9.8 knots, Va 17.91 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 5.3° . Kelemahan kapal ikan konfigurasi 6 adalah ketika terjadi angin mati, kapal beroperasi dengan tenaga mesin sebesar 21.6 kW dan panel surya sebesar 8.4 kW dengan gaya dorong masing-masing sebesar 2.407 kN dan 0.935 kN. Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.46\text{--}1.12\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat.

5.8 Konfigurasi 8



Gambar 5.47. Konfigurasi mesin-panel surya-layar surya

Gambar 5.47 memperlihatkan Konfigurasi 8 (K8) yaitu konfigurasi kapal ikan mesin-panel surya-layar surya. Penelitian Disertasi ini akan membahas secara detail hasil konfigurasi 8 yaitu: konfigurasi kombinasi Mesin-Panel surya-Layar surya karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsep kapal ikan katamaran dengan sumber energi penggerak alternatif yaitu kombinasi mesin, panel surya dan layar yang efisien dan optimum.

K8 diusulkan menggunakan kombinasi penggerak: Mesin 30 kW, Panel surya 30 kW dan Layar As 125 m². Penempatan panel surya 8.4 kW diatas Kanopi dan 21.6 kW sebagai Layar surya. Kelebihan yang diharapkan dari K8 ini adalah kecepatan dinas Vs 9.8 knots bisa dicapai dengan menggunakan kombinasi dua dan tiga dengan tujuan pada cuaca burukpun kapal masih bisa bekerja dan diharapkan meningkatkan produktifitas. Alternatif kombinasi dua yang akan dipergunakan adalah mesin-panel surya, mesin-layar dan panel surya-layar, sedangkan alternatif kombinasi tiga yang akan dipergunakan adalah mesin-panel surya-layar dan mesin-panel surya-layar surya.

- **Pemeriksaan displasemen**

Pada konfigurasi 8 ini kapal ikan dirancang mempunyai berat kapal kosong (LWT) sebesar 7820 kg dengan rincian tdd: berat konstruksi 5072 kg, berat mesin 268 kg, berat panel surya dan perlengkapannya sebesar 406 kg, berat layar dan perlengkapannya 454 kg, berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan sebesar 1620 kg yang tdd: Ship Equipment sebesar 727 kg, Fish Processing Equipment sebesar 339 kg dan Fishing Equipment sebesar 554 kg. Sedangkan bobot mati (DWT) nya adalah sebesar 3980 kg yang tdd: berat bbm sebesar 407 kg, kebutuhan air tawar sebesar 1250 kg dan provision sebesar 600 kg dan muatan bersihnya sebesar 1723 kg. Data distribusi berat komponen LWT 7820 kg dan DWT 3980 kg, jika keduanya dijumlahkan, maka didapatkan harga sama dengan berat Δ 11800 kg (sesuai dengan harga estimasi displasemen awal). Pada perencanaan konfigurasi 8 ini didapatkan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1723 kg.

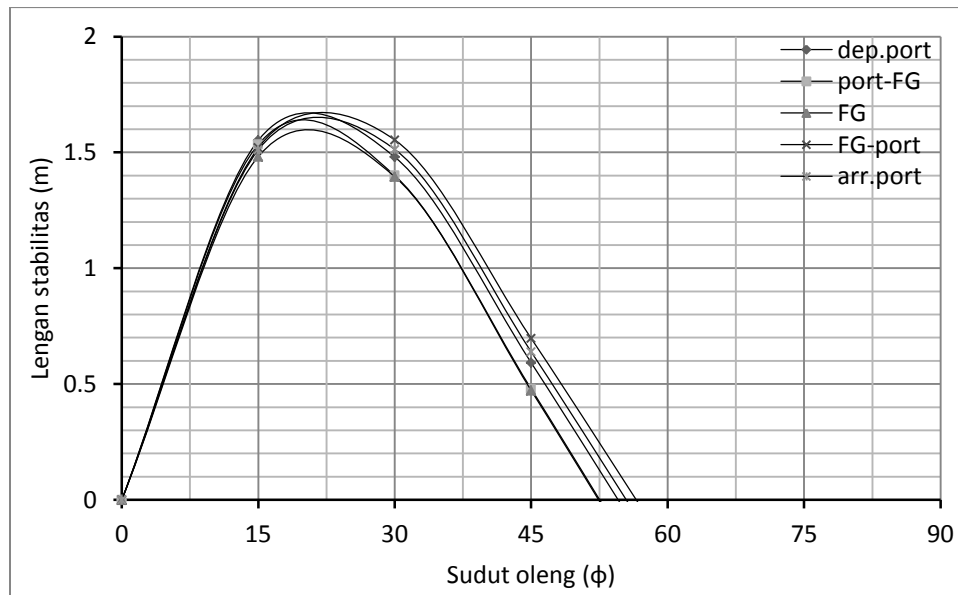
- **Pemeriksaan Stabilitas**

Hasil perhitungan stabilitas **statis** kapal ikan katamaran dengan penggerak mesin, panel surya dan layar pada berbagai kondisi operasional seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.23

Tabel 5.23. Resume stabilitas K8

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7820	407	1250	600	1723	11800	7.15	1.34	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7820	407	1250	600	0	10077	5.83	1.18	0.593
2	Menuju fishingground	7820	365	1000	540	0	9725	5.67	1.14	0.572
3	Menangkap ikan di FG	7820	184	750	480	862	10096	6.13	1.18	0.594
4	Meninggalkan FG	7820	113	375	420	1723	10451	6.57	1.22	0.615
5	Tiba di pelabuhan	7820	42	125	330	1723	10040	6.38	1.18	0.590

Tabel 5.23 memperlihatkan titik berat konfigurasi 8 pada berbagai kondisi operasional. Kondisi 0 adalah kondisi desain full load dari kapal ikan konfigurasi 8 ini mempunyai Δ sebesar 11.8 t dengan sarat air T sebesar 0.694 m, KG sebesar 1.34 m dan LCG sebesar 7.15 m, dimana ketika kapal ikan beroperasi kondisi ini tidak pernah terjadi. Kondisi 1 (Berangkat dari pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.077 t dengan sarat air T sebesar 0.593 m, KG sebesar 1.18 m dan LCG sebesar 5.83 m. Kondisi 2 (Menuju fishing ground) mempunyai Δ sebesar 9.725 t dengan sarat air T sebesar 0.572 m, KG sebesar 1.14 m dan LCG sebesar 5.67 m. Kondisi 3 (Menangkap ikan di FG) mempunyai Δ sebesar 10.096 t dengan sarat air T sebesar 0.594 m, KG sebesar 1.18 m dan LCG sebesar 6.13 m. Kondisi 4 (Meninggalkan FG) mempunyai Δ sebesar 10.451 t dengan sarat air T sebesar 0.615 m, KG sebesar 1.22 m dan LCG sebesar 6.57 m. Kondisi 5 (Tiba di pelabuhan) mempunyai Δ sebesar 10.040 t dengan sarat air T sebesar 0.590 m, KG sebesar 1.18 m dan LCG sebesar 76.38 m.



Gambar 5.48. Kurva stabilitas statis konfigurasi mesin-panel surya-layar surya

Gambar 5.48 memperlihatkan Kurva stabilitas statis pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 harga GZ tertinggi sebesar 1.68 m terjadi pada sudut 20°, kondisi 2 sebesar 1.64 m terjadi pada sudut 20°, kondisi 3 sebesar 1.6 m terjadi pada sudut 21°, kondisi 4 sebesar 1.68 m terjadi pada sudut 23° dan kondisi 5 sebesar 1.65 m yang terjadi pada sudut 22°. Sedangkan untuk sudut ketenggelamannya masing-masing kondisi mempunyai harga: kondisi 1 sebesar 54.5°, kondisi 2 sebesar 52.5°, kondisi 3 sebesar 52.5°, kondisi 4 sebesar 56.5° dan kondisi 5 sebesar 55.5°. Pada kondisi 2 saat kapal ikan konfigurasi 5 ini berangkat dari pelabuhan menuju tempat penangkapan ikan (fishing ground) dengan V_s 9.8 knots, sarat air 0.572 m dan displasemen 9.725 t adalah kondisi yang dianggap paling kritis stabilitasnya, akan tetapi setelah dilakukan pemeriksaan terhadap stabilitasnya masih memenuhi syarat.

- Persyaratan Stabilitas

Hasil perhitungan deskripsi persyaratan konfigurasi panel surya-layar pada berbagai kondisi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24. Persyaratan stabilitas kapal ikan menurut Hind (1982)
The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975 dan HSC annex 7, IMO 2016

No	Deskripsi	Hasil					Satuan	Syarat	Ket.
		deport	p-fg	fg	Fg-p	aport			
1	Luas area lengan Stab. Statis s/d 30°	29.478	25.039	25.063	25.039	25.036	m.deg	≥ 7.4274	pass
2	Luas area lengan Stab. Statis s/d 40°	0.828	0.781	0.778	0.838	0.822	m.rad	$\geq 0,090$	pass
3	Luas area lengan Stab. Statis antara 30°-40°	0.202	0.178	0.183	0.214	0.206	m.rad	$\geq 0,030$	pass
4	Lengan stabilitas minimum untuk sudut $\geq 30^\circ$	1.579	1.468	1.488	1.639	1.600	m	$\geq 0,200$	pass
5	Sudut pada lengan Stab. Statis maksimum	20	20	21	23	22	degree	$\geq 10^\circ$	pass
6	GM awal	7.455	7.743	6.723	6.156	6.299	m	$\geq 0,150$	pass

Tabel 5.24 memperlihatkan hasil perhitungan persyaratan stabilitas kapal ikan konfigurasi mesin-panel surya-layar surya pada berbagai kondisi.

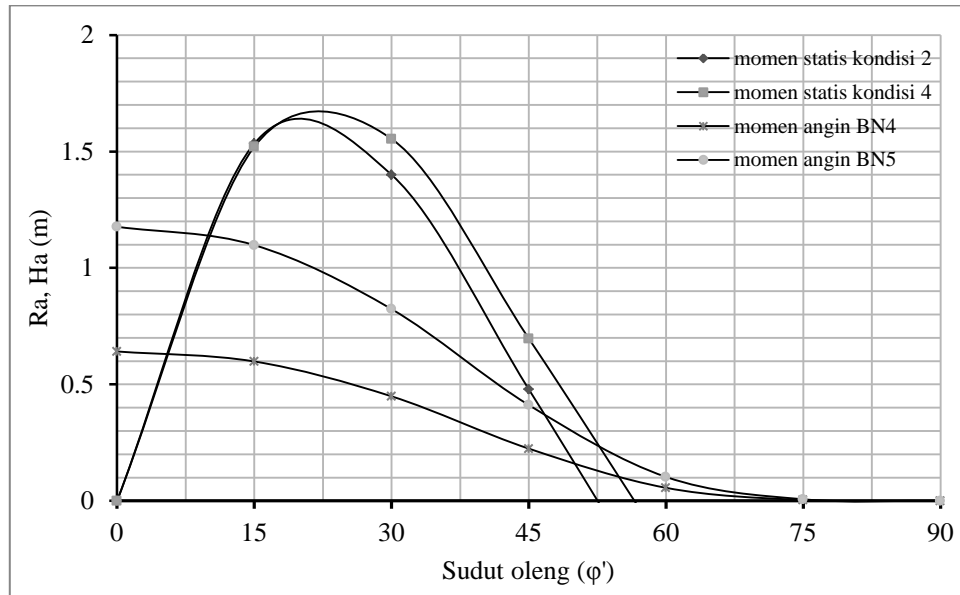
Hasil perhitungan periode oleng konfigurasi mesin-panel surya-layar surya pada berbagai kondisi. Pada kondisi 1 periode oleng (T) natural sebesar 6.32 detik, kondisi 2 sebesar 6.10 detik, kondisi 3 sebesar 6.49 detik, kondisi 4 sebesar 6.73 detik dan kondisi 5 sebesar 6.62 detik. Gerak periode oleng pada semua kondisi terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*).

- **Keseimbangan momen stabilitas statis dan momen angin.**

Tabel 5.25. Hasil perhitungan righting arm (GZ) dan heeling arm

Sudut ϕ'	Righting arm (GZ)		Heeling arm	
	outward	homeward	BN4	BN5
0	0	0	0.112	0.299
15	1.534	1.52	0.104	0.279
30	1.4	1.554	0.078	0.209
45	0.479	0.697	0.039	0.104
60	-0.476	-0.208	0.010	0.026
75	-1.398	-1.099	0.001	0.002
90	-2.224	-1.914	0	0

Tabel 5.25 memperlihatkan hasil perhitungan righting arm (Ra) dan heeling arm (Ha) konfigurasi mesin-panel surya-layar surya pada kondisi 2 dan 4, dimana pada kondisi ini kapal direncanakan dengan kecepatan dinas V_s 9.8 knots.

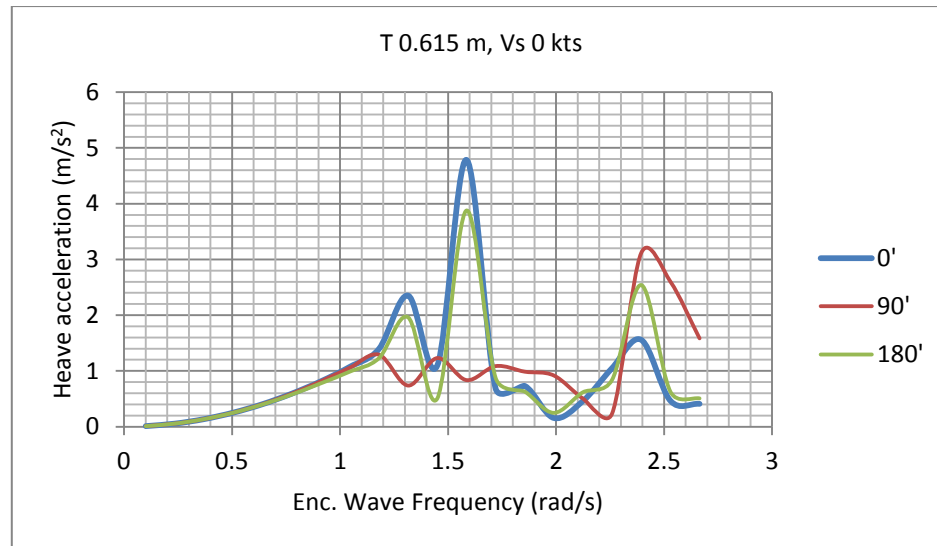


Gambar 5.49. Hubungan antara kurva righting arm (Ra) dan heeling arm (Ha)

Gambar 5.49 memperlihatkan hubungan antara kurva righting arm dan heeling arm untuk menghitung keseimbangan antara momen pengembali dan momen angin. Dari hubungan ini akan didapatkan nilai gaya yang bekerja pada layar yang juga merupakan gaya dorong layar T_s untuk menggerakkan kapal. Pada konfigurasi mesin-panel surya-layar surya ini, gaya dorong yang dipergunakan untuk menggerakkan kapal dihasilkan oleh mesin sebesar 3.342 kN, panel surya sebesar 3.342 kN melalui propeller dan layar yaitu \pm sebesar 3.342 kN.

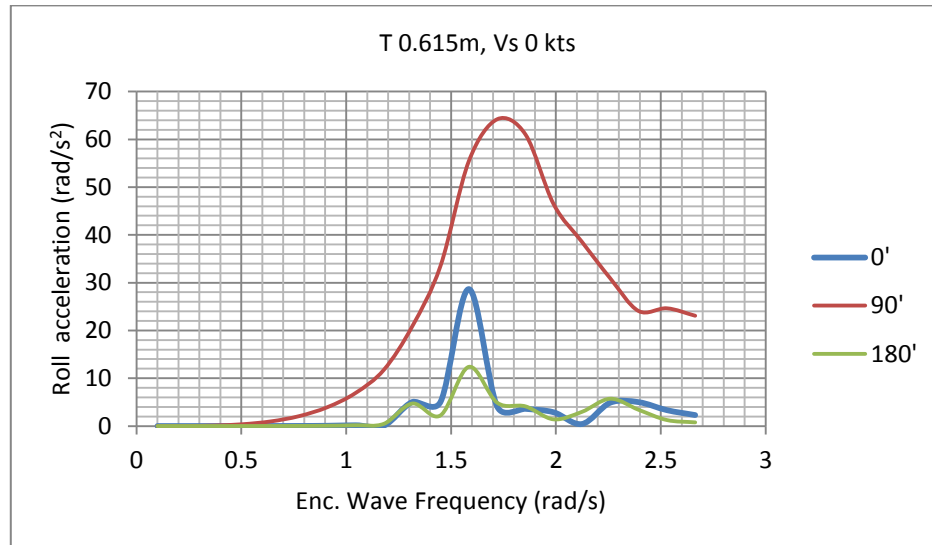
- **Pemeriksaan Seakeeping**

Hasil perhitungan seakeeping menggunakan metode difraksi:



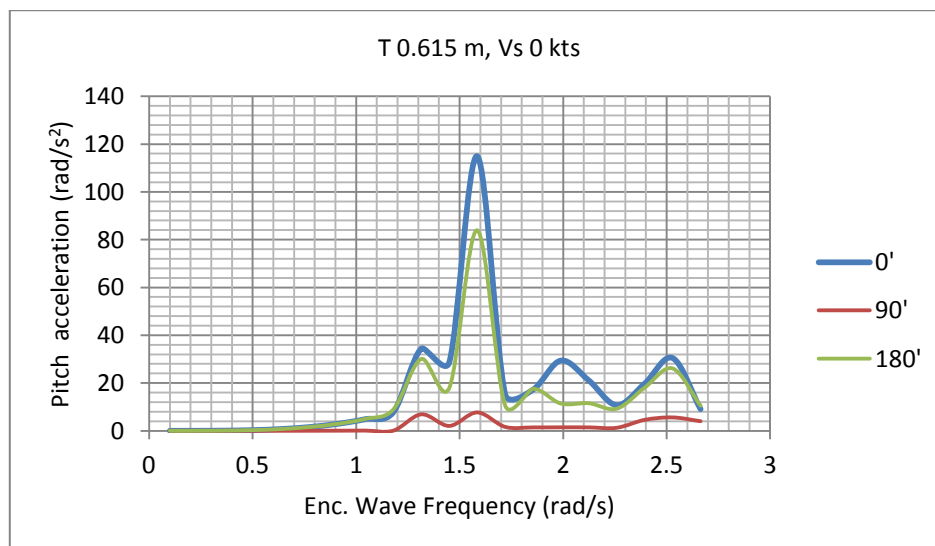
Gambar 5.50. Hubungan antara *heave acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.50 memperlihatkan hubungan antara *Heave velocity* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 10.451 t, T 0.615 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.51. Hubungan antara *roll acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.51 memperlihatkan Hubungan antara *roll acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 10.451 t, T 0.615 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).



Gambar 5.52. Hubungan antara *pitch acceleration* - *Enc. Wave frequency*

Gambar 5.52 memperlihatkan Hubungan antara *pitch acceleration* – *Enc. Wave frequency* pada kondisi ∇ 10.451 t, T 0.615 m dan Vs 0 knots adalah menjelaskan suatu sistem dinamis pada kapal ikan yang mengalami eksitasi beban (gelombang) harmonik dengan arah gelombang datang 0° (*Following seas*), 90° (*Beam seas*) dan 180° (*Head seas*).

Ketika kapal mengalami *Following seas*, *Beam seas* dan *Head seas*, akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi sangat fluktuatif dan mempunyai nilai bervariasi antara $0.44\text{--}1.09\text{ m/s}^2$ sementara nilai yang dipersyaratkan adalah sebesar 2 m/s^2 , jadi pada kondisi ini dianggap memenuhi syarat.

Kesimpulan:

Konfigurasi 8 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak panel surya dan layar yang mempunyai berat LWT 7.820 t, DWT 3.980 t dan displ 11.8 t dengan muatan bersih (*pay load*) sebesar 1.723 t. Kapal ikan dengan konfigurasi 8 ini memiliki stabilitas yang baik dengan hasil yang memenuhi syarat nilai GZ terbesar terjadi pada sudut oleng lebih besar dari 10° . Ketika kapal ikan konfigurasi 8 ini beroperasi, saat kapal kondisi 2 dengan kecepatan Vs 9.8 knots dibutuhkan kecepatan angin 16.96 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 5.5° . Pada kondisi 4 Vs 9.8 knots, Va 17.91 knots dan keseimbangan kapal terjadi pada sudut oleng sekitar 5.5° . Kapal ikan katamaran dengan konfigurasi 8 bisa dikatakan tidak mempunyai kelemahan, karena kapal dapat beroperasi pada segala cuaca kecuali pada kondisi badai. Kapal beroperasi dengan tenaga mesin sebesar 30 kW, panel surya sebesar 30 kW dan layar dengan gaya dorong masing-masing bisa mencapai sebesar 3.342 kN atau bahkan lebih. Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi mempunyai nilai bervariasi antara $0.44\text{--}1.09\text{ m/s}^2$ dan memenuhi syarat.

5.9 Resume

1. Konfigurasi kapal ikan

Ada delapan varian konfigurasi kapal ikan katamaran yang diusulkan dengan resume data komponen LWT dan DWT diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 5.26. Data komponen LWT

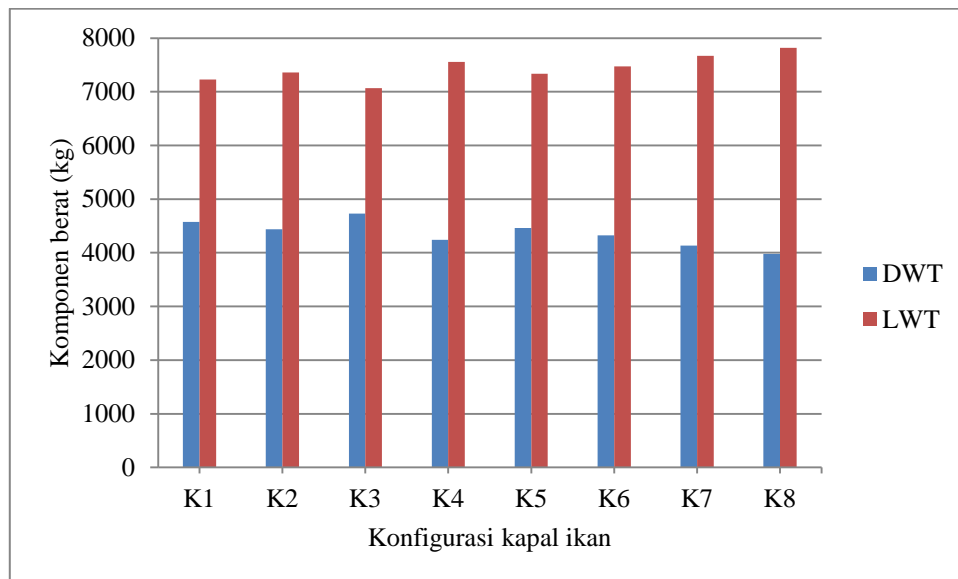
No	Tenaga penggerak	Komponen LWT					LWT (kg)
		Konst. (kg)	Mesin (kg)	Panel (kg)	Layar (kg)	Peralatan (kg)	
1	Mesin	5072	535	-	-	1620	7227
2	Panel surya	5072	-	669	-	1620	7361
3	Layar	5072	-	-	378	1620	7070
4	Mesin + Panel	5072	460	406	-	1620	7558
5	Mesin + Layar	5072	268	-	378	1620	7338
6	Panel + Layar	5072	-	406	378	1620	7476
7	Mesin+Panel+ Layar	5072	193	406	378	1620	7669
8	Mesin +Panel+Layarsurya	5072	268	406	454	1620	7820

Tabel 5.26 memperlihatkan data komponen LWT dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan. Adapun data komponen LWT tersebut meliputi berat konstruksi lambung kapal, berat sumber tenaga penggerak (mesin, panel surya dan layar) dan berat peralatan dan perlengkapan kapal ikan. Selanjutnya data komponen LWT dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan ini disusun menjadi diagram batang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.53.

Tabel 5.27. Data komponen DWT

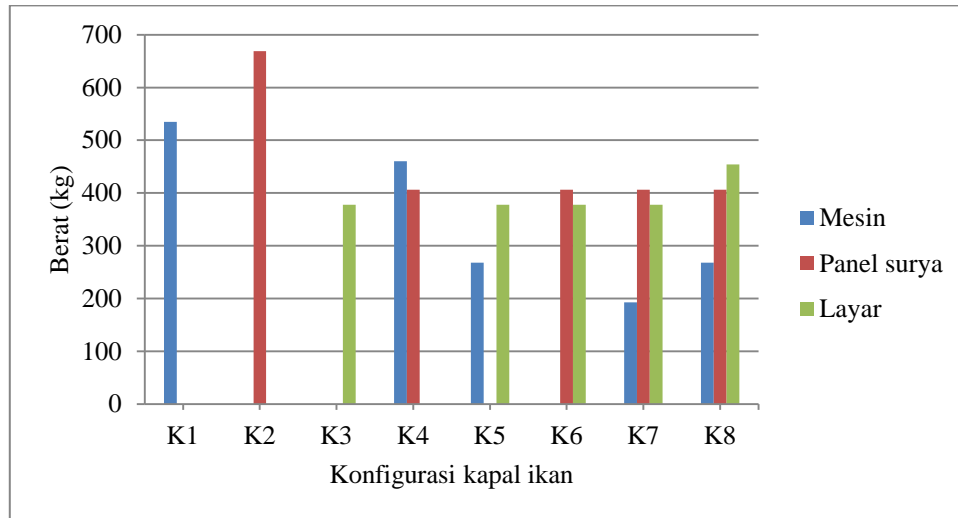
No	Tenaga penggerak	Komponen DWT				DWT (kg)	Displ. (kg)
		Bbm (kg)	Air tawar (kg)	Prov. (kg)	Muatan (kg)		
1	Mesin	872	1250	600	1851	4573	11800
2	Panel surya	0	1250	600	2589	4439	11800
3	Layar	0	1250	600	2880	4730	11800
4	Mesin + Panel	700	1250	600	1692	4242	11800
5	Mesin + Layar	407	1250	600	2205	4462	11800
6	Panel + Layar	0	1250	600	2474	4324	11800
7	Mesin+Panel+ Layar	294	1250	600	1987	4131	11800
8	Mesin +Panel+Layarsurya	407	1250	600	1723	3980	11800

Tabel 5.27 memperlihatkan data komponen DWT dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan. Adapun data komponen DWT tersebut meliputi berat bbm, berat air tawar, berat provision dan berat muatan. Selanjutnya data komponen DWT dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan ini disusun menjadi diagram batang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.53.



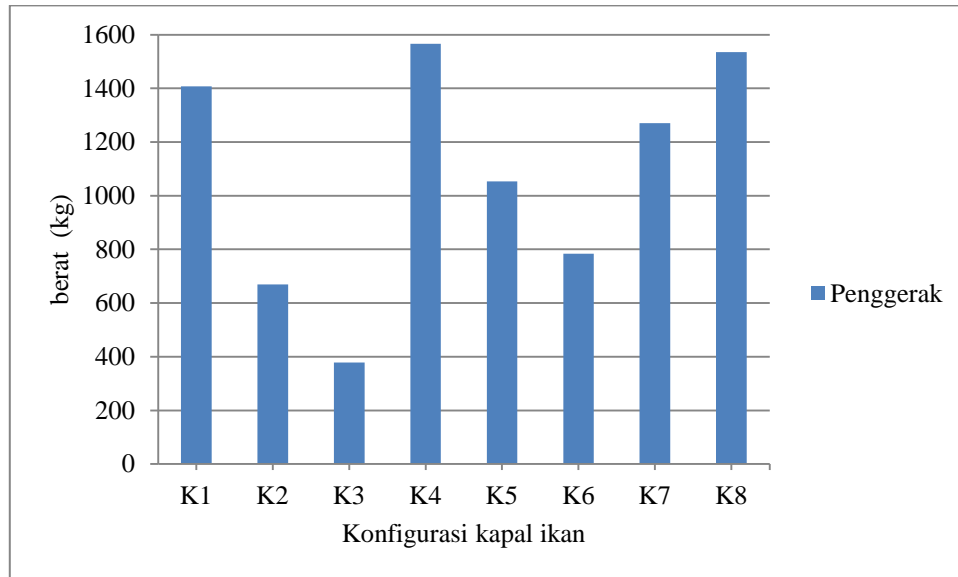
Gambar 5.53. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat LWT dan DWT

Gambar 5.53. memperlihatkan hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat LWT dan DWT. K8 mempunyai berat LWT terbesar dari konfigurasi kapal ikan yang diusulkan yaitu sebesar 7820 kg, sedangkan berat LWT terkecil K3 yaitu sebesar 7070 kg. K3 mempunyai DWT terbesar yaitu sebesar 4730 kg, sedangkan berat DWT terkecil K8 yaitu sebesar 3980 kg.



Gambar 5.54. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat penggerak

Gambar 5.54 memperlihatkan hubungan antara Konfigurasi kapal ikan - Berat penggerak dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan. K1 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin sebesar 535 kg. K2 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak panel surya sebesar 669 kg. K3 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak layar sebesar 378 kg. K4 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak kombinasi mesin-panel surya sebesar 460 dan 406 kg. K5 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak kombinasi mesin-layar sebesar 268 dan 378 kg. K6 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak kombinasi panel surya-layar sebesar 406 dan 378 kg. K7 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak kombinasi mesin-panel surya-layar sebesar 193, 406 dan 378 kg. K8 adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak kombinasi mesin-panel surya-layar surya sebesar 268, 406 dan 454 kg. Selanjutnya berat penggerak dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan tersebut disederhanakan lagi seperti diperlihatkan pada Gambar 65c.



Gambar 5.55. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan- Berat penggerak

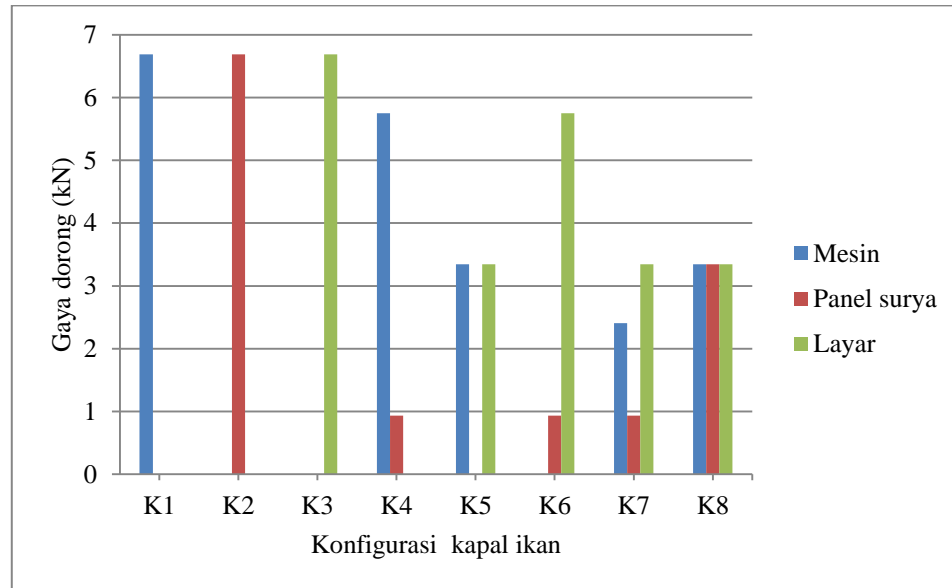
Gambar 5.55 memperlihatkan hubungan antara Konfigurasi kapal ikan - Berat penggerak dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan.

2. Gaya dorong

Tabel 5.28. Data gaya Dorong

No	Tenaga penggerak	V_s (kts)	RT (kN)	T_{req} (kN)	P_{req} (kN)	$Thrust\ supply\ (kN)$		
						Mesin	Panel surya	Layar
1	Mesin	9.8	6.423	6.685	60	6.685	0	0
2	Panel surya					0	6.685	0
3	Layar					0	0	6.685
4	Mesin + Panel					5.750	0.935	0
5	Mesin + Layar					3.342	0	3.342
6	Panel + Layar					0	0.935	5.750
7	Mesin+Panel+ Layar					2.407	0.935	3.342
8	Mesin +Panel+Layarsurya					3.342	3.342	3.342

Tabel 5.28 memperlihatkan data gaya dorong dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan. Selanjutnya data tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.56.



Gambar 5.56. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan - Gaya dorong

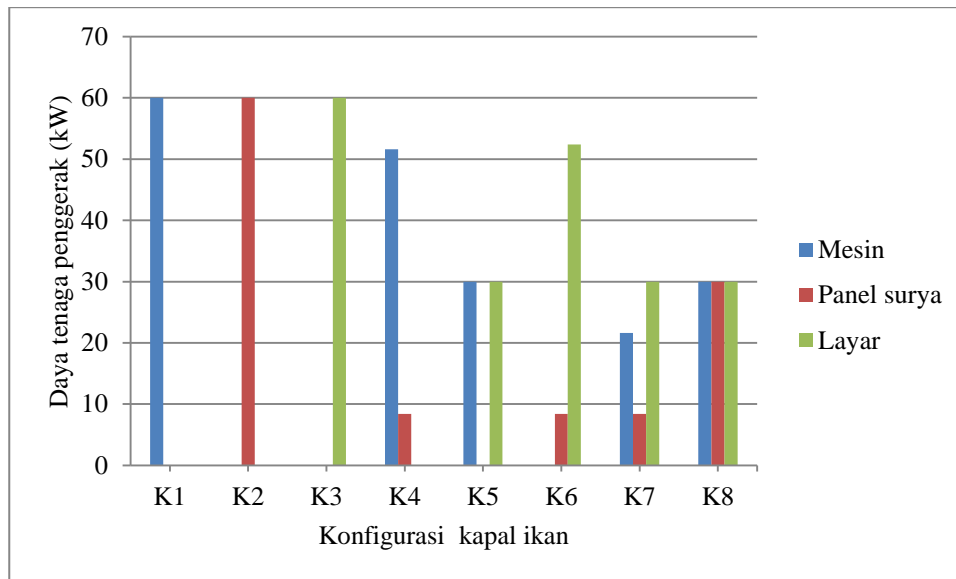
Gambar 5.56 memperlihatkan hubungan antara Konfigurasi kapal ikan dengan gaya dorong dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan.

3. Tenaga penggerak

Tabel 5.29. Data Tenaga Penggerak

No	Tenaga penggerak	V_s (kts)	RT (kN)	$Treq$ (kN)	$Preq$ (kN)	Power supply (kW)		
						Mesin	Panel surya	Layar
1	Mesin	9.8	6.423	6.685	60	60	0	0
2	Panel surya					0	60	0
3	Layar					0	0	60
4	Mesin + Panel					51.6	8.4	0
5	Mesin + Layar					30	0	30
6	Panel + Layar					0	8.4	52.36
7	Mesin+Panel+ Layar					21.6	8.4	30
8	Mesin +Panel+Layarsurya					30	30	30

Tabel 5.29 memperlihatkan data tenaga penggerak dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan. Selanjutnya data tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 85e.



Gambar 5.57. Hubungan antara Konfigurasi kapal ikan - Tenaga Penggerak

Gambar 5.57 memperlihatkan hubungan antara Konfigurasi kapal ikan dengan tenaga penggerak dari masing-masing Konfigurasi kapal ikan yang diusulkan.

4. Stabilitas kapal

Semua konfigurasi kapal ikan (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7 dan K8) tergolong baik dan memenuhi persyaratan stabilitas kapal ikan menurut *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975* dan *HSC annex 7, IMO 2016*.

5. Seakeeping:

Akselerasi gerakan vertikal *Heave*, *Roll* dan *Pitch* yang terjadi pada K1 ∇ 9479 t, T 0.557 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.46 – 1.12 m/s², K2 ∇ 8901 t, T 0.523 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.49– 1.19 m/s², K3 ∇ 8610 t, T 0.506 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.5– 1.23 m/s², K4 ∇ 9672 t, T 0.569 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.45– 1.10 m/s², K5 ∇ 9212 t, T 0.542 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.47– 1.15 m/s², K6 ∇ 9016 t, T 0.530 m

mempunyai nilai bervariasi antara 0.48– 1.18 m/s^2 , K7 ∇ 9451 t, T 0.556 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.46– 1.12 m/s^2 , dan K8 ∇ 9725 t, T 0.572 m mempunyai nilai bervariasi antara 0.44– 1.09 m/s^2 . dan memenuhi ketentuan persyaratan kapal ikan yaitu harus lebih kecil dari 2 m/s^2 (Pinkster,2004).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

PEMBAHASAN

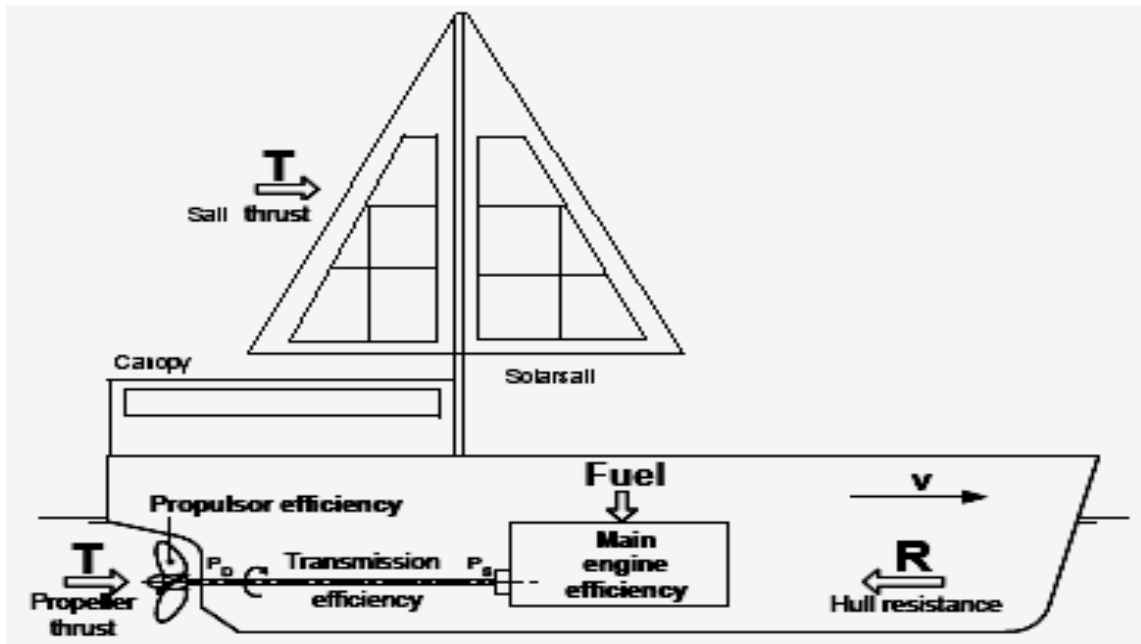
6.1 Kapal Ikan

Misi dari sebuah kapal ikan adalah melakukan penangkapan ikan dari laut untuk mendapatkan ikan yang memenuhi kualitas dengan cara-cara yang sesuai dan mengantar ikan tersebut ke darat atau ke kapal lain untuk proses selanjutnya. Dalam operasionalnya sebuah kapal ikan harus benar-benar aman (*very seaworthy indeed*), pada cuaca burukpun kapal tersebut harus bekerja. Semua pekerjaan yang ada di kapal ikan harus dilakukan dengan cepat, mulai dari proses penangkapan sampai pengolahan hasil tangkapan merupakan fungsi daripada waktu. Proses penangkapan yang lamban menyebabkan ikan-ikan pada lari semua (migrasi), sedangkan proses pengolahan hasil tangkapan yang lamban menyebabkan ikan-ikan rusak / busuk. Sebagai contoh, kapal ikan (*Trawlers/fishing vessels*) pada umumnya memiliki 3 (tiga) pola operasional di laut, yaitu : (a) Pencarian ikan; Kapal ikan sedang mencari posisi ‘gerombolan ikan’ yang ada di lingkungan sekitarnya/ terdekat, biasanya kapal beroperasi dengan kecepatan servis berkisar 8 – 12 knots, (b) Pengejaran ikan; Kapal ikan bergerak lebih cepat menuju titik posisi ‘fishing ground’, biasanya kecepatan servis kapal mencapai 16 – 20 knots, (c) Penangkapan ikan; kapal sedang menarik jaring tangkapannya, saat itu kapal bergerak dengan kecepatan yang relatif rendah (\pm 6 knots).

Berdasarkan penjelasan tersebut diatas, terlihat bahwa tingkat fleksibilitas dalam operasional kapal ikan adalah sangat tinggi. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka kapal haruslah memiliki konfigurasi sistem propulsi yang handal dan yang mampu memberikan ‘ruang fleksibilitas’ secara optimal sesuai dengan cakupan teknis dan ekonomis kapal.

Sementara itu pada kapal-kapal komersial lainnya (misalnya: General Cargo) terlihat bahwa kebutuhan akan tingkat fleksibilitas operasionalnya, adalah tidak begitu kompleks. Umumnya, pola operasional kapal-kapal general cargo adalah cukup dengan satu kondisi *designed speed* saja. Sehingga, sistem propulsi yang dirancang adalah hanya untuk memenuhi satu tuntutan kecepatan servis yang direncanakan.

Pada penelitian dengan tema : “Kapal Ikan Katamaran: Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan Performa Kapal yang Ramah Lingkungan” ini lebih difokuskan pada misi desain sebagai fungsi kapal ikan katamaran dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya).



Gambar 6.1. Kapal Ikan hybrid

Gambar 6.1 memperlihatkan kapal ikan dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya) yang diusulkan. Kapal ikan ini dalam operasionalnya berlayar dengan kecepatan servis sekitar 9.8 knots. Pada kecepatan ini kapal tersebut akan mengalami gaya hambat (R_T) sebesar 6.423 kN dengan kebutuhan gaya dorong (T_{req}) sebesar 6.685 kN. Dan untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong tersebut disuplai dari

pendorong propeller (T_p) dan layar (T_s). Secara prinsip kapal ikan hybrid ini dapat bergerak akibat adanya gaya dorong propeller dan layar(T_s) yang bekerja secara bergantian atau bersamaan, sehingga secara persamaan matematis dapat diekspresikan bahwa

Gaya dorong propeller (T_p) + Gaya dorong layar (T_s) = Gaya dorong yang
dibutuhkan untuk menggerakkan kapal (T_{req})

Atau

$$T_p + T_s = T_{req} \quad (6.1)$$

Dimana:

$$T_p = K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \text{ menggunakan pers. (2.9)}$$

$$T_s = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_L \cdot A_s \cdot V_a^2 \text{ menggunakan pers. (2.10)}$$

$$T_{req} = R_T / (1-t) \text{ menggunakan pers. (2.6)}$$

Mengenai perhitungan kebutuhan dan suplai gaya dorong sudah dibahas pada subbab 4.9 dengan detail data hasil perhitungan kebutuhan gaya dorong kapal (T_{req}) dan suplai gaya dorong propeller T_p dan layar T_s seperti diperlihatkan pada Tabel 6.1 yang sesuai dengan pers.(6.1).

Tabel 6.1. Data hasil perhitungan T_{req} , T_p dan T_s

No	T_p (N)	T_s (N)	T_{req} (N)
1	0	6685	6685
2	70	6615	6685
3	278	6407	6685
4	626	6059	6685
5	1114	5571	6685
6	1740	4945	6685
7	2506	4179	6685
8	3410	3275	6685
9	4454	2231	6685
10	5638	1047	6685
11	6685	0	6685

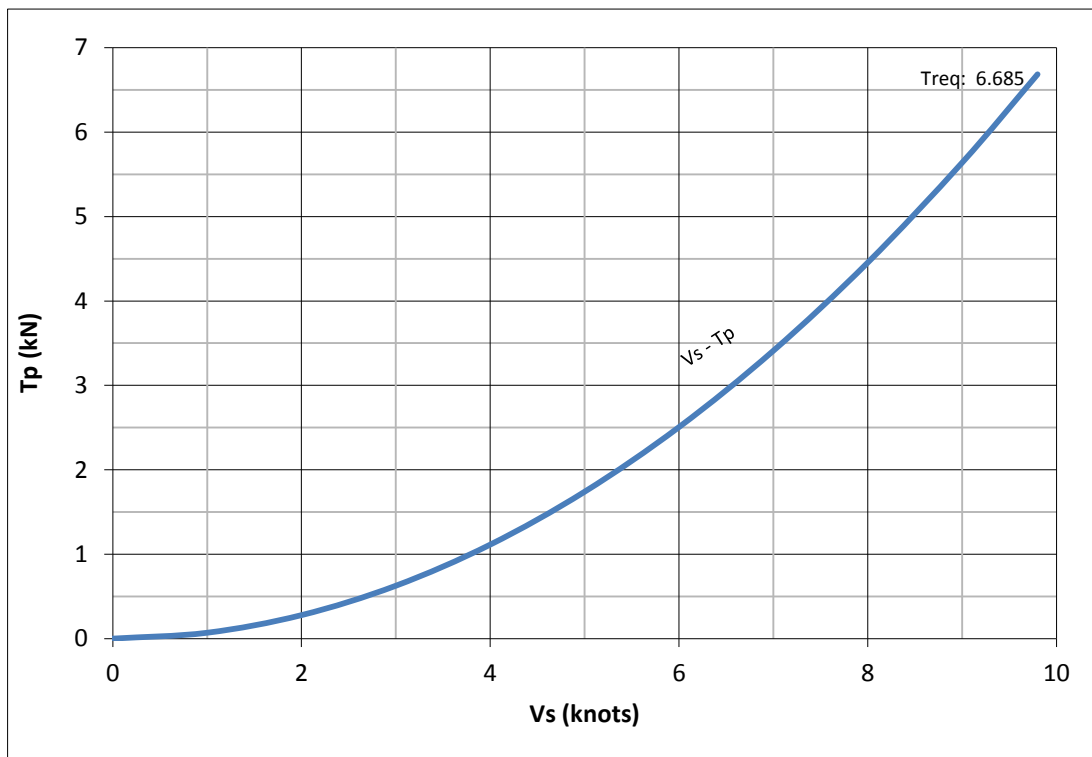
Tabel 6.1 memperlihatkan data hasil perhitungan T_{req} , T_p dan T_s yang dihitung menggunakan pers.(6.1). Dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong (T_{req}) tersebut disuplai dari pendorong propeller (T_p) dan layar (T_s). Sebagai contoh: kapal ikan ini dalam operasionalnya berlayar dengan kecepatan servis sebesar 9.8 knots. dengan kebutuhan gaya dorong (T_{req}) sebesar 6.685 kN. Untuk menyederhanakan kita pakai istilah ilmu ekonomi: *Demand-Supply* gaya dorong. Demand T_{req} sebesar 6.685 kN, misal jika *supply* T_p sebesar 2.506 kN maka *supply* T_s sebesar 4.179 kN.

Selanjutnya tinjauan lebih jauh akan dilakukan dengan melakukan pembahasan mengenai keterhubungan antara lain:

- Hubungan antara gaya dorong propeller (T_p) dengan kecepatan kapal (V_s)
- Hubungan gaya dorong layar (T_s) dan kecepatan angin (V_a).

6.2 Hubungan antara gaya dorong propeller (T_p) dan gaya dorong layar (T_s) dengan kecepatan kapal (V_s) dan kecepatan angin (V_a)

Ketika kapal ikan beroperasi dengan penggerak mesin saja, maka untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong kapal sebesar 6.685 kN diperlukan suplai gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller (T_p) sebesar 6.685 kN juga pada kecepatan kapal V_s 9.8 knots. Gaya dorong propeller (T_p) merupakan gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller dan dipergunakan untuk menggerakkan kapal ke depan dengan ilustrasi seperti yang diperlihatkan Gambar 6.2.

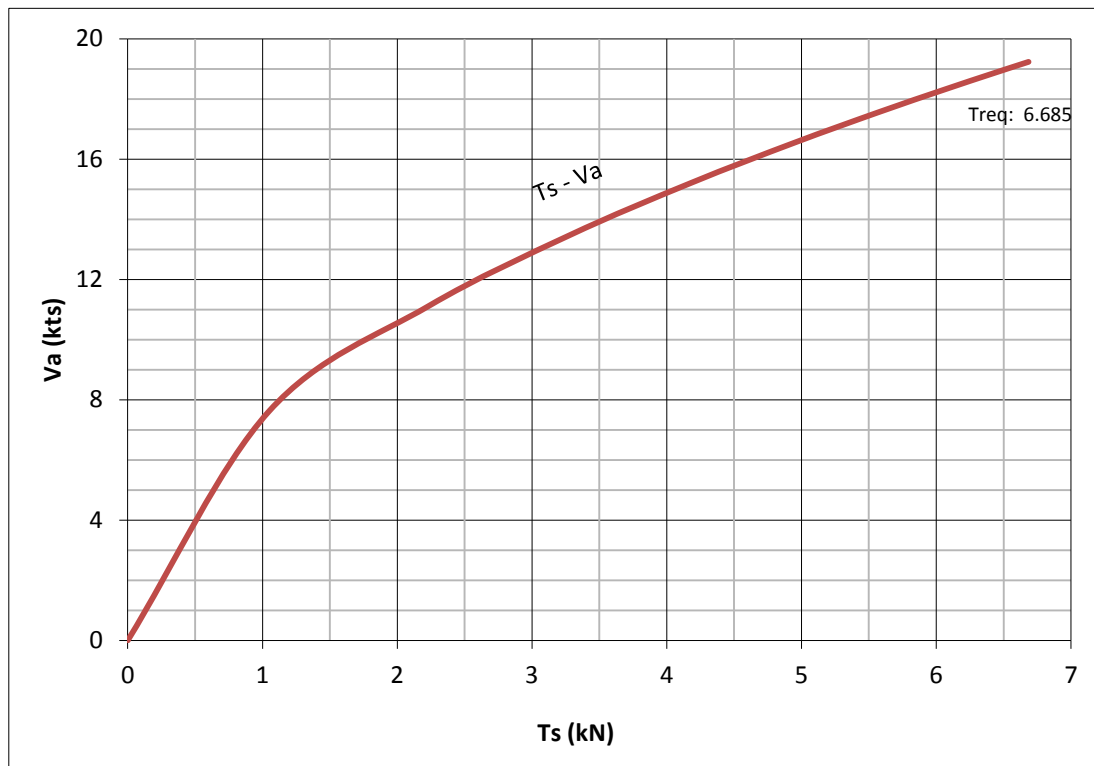


Gambar 6.2. Hubungan antara V_s - T_p

Gambar 6.2 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s dengan gaya dorong propeller T_p . Semakin meningkat kecepatan kapal V_s maka gaya dorong propeller T_p akan bertambah besar.

Kapal ikan yang beroperasi dengan penggerak mesin membutuhkan konsumsi bbm. Hal ini sangat mempunyai keterikatan emosional yang sangat erat sekali dengan biaya operasional kapal, penghasilan operator atau bahkan dapat menjadi pemicu terjadinya polusi udara di dunia yang kita tinggali ini. Polusi udara kalau dibiarkan terus tanpa ada upaya pencegahan sangat sangat bahkan sangat membahayakan anak cucu kita dikemudian hari. Warisi anak cucu kita dengan dengan dunia yang bersih tanpa polusi.

Namun ketika kapal ikan beroperasi dengan penggerak layar saja, maka untuk memenuhi kebutuhan gaya dorong kapal sebesar 6.685 kN diperlukan suplai gaya dorong yang dihasilkan oleh layar (T_s) sebesar 6.685 kN juga pada kecepatan angin (V_a) sebesar 19.2 knots. Gaya dorong layar (T_s) merupakan gaya dorong yang dihasilkan oleh layar yang dipergunakan untuk menggerakkan kapal ke depan dengan ilustrasi seperti yang diperlihatkan Gambar 6.3.



Gambar 6.3. Hubungan antara T_s dengan V_a

Gambar 6.3 memperlihatkan hubungan antara Ts - Va , dimana semakin meningkat kecepatan angin Va maka semakin meningkat pula gaya dorong layar Ts .

Angin adalah merupakan suatu peristiwa/ fenomena alam yang penuh dengan ketidak pastian yang sangat tinggi sekali. Kadang berhembus dengan sepoi-sepoi, kencang atau bahkan sangat kencang sekali (*Lesus*) sehingga bisa menyebabkan terjadinya suatu bencana alam atau terjadi kondisi sebaliknya tiada hembusan angin sama sekali.

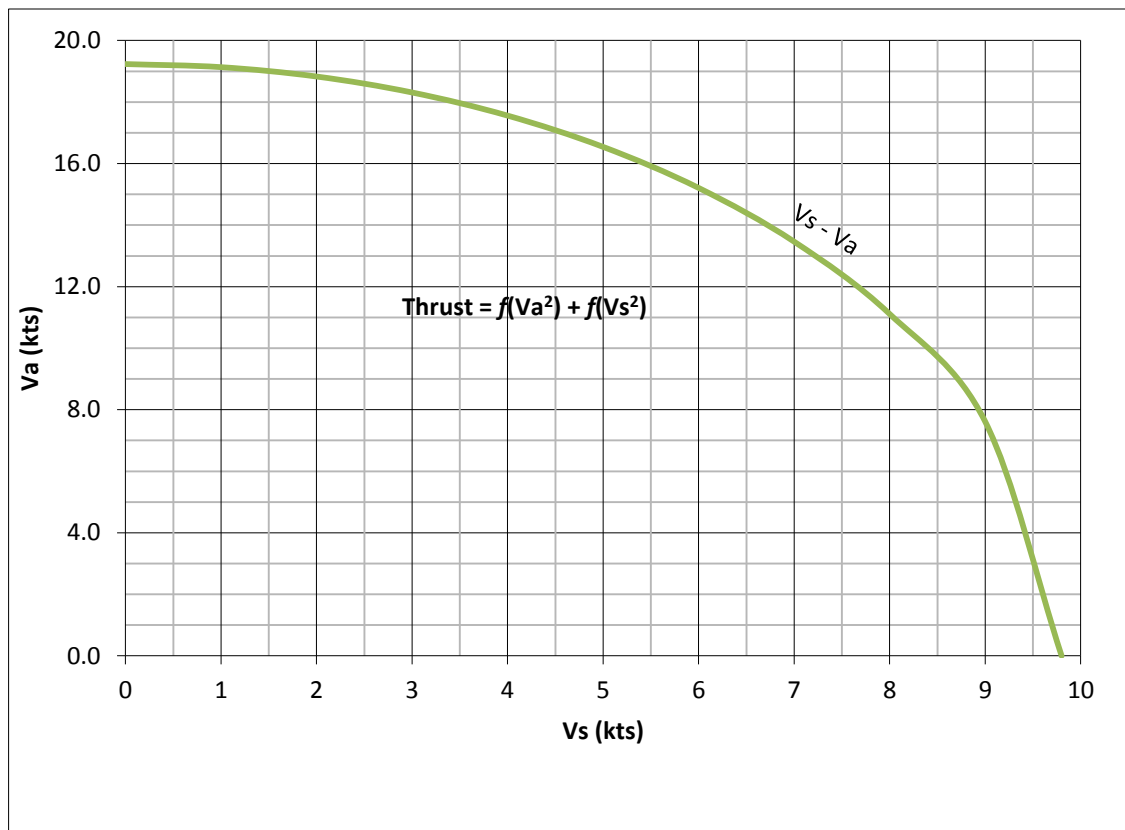
Kembali pada persoalan kapal ikan, ketika kapal ikan hanya digerakkan oleh layar saja, maka operasional kapal sangat tergantung sekali dari kondisi angin yang tersedia. Otomatis, kalau angin mencukupi kapal ikan bisa beroperasi namun kalau angin yang tersedia tidak cukup kapal ikan tidak bisa beroperasi.

Solusi yang ditawarkan pada persoalan kapal ikan tersebut adalah mengusulkan kapal ikan dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.1 agar dunia ini menjadi lebih baik. Dengan menggunakan data dari Gambar 6.2 dan 6.3, maka akan didapatkan hubungan keseimbangan antara kecepatan kapal Vs dan kecepatan angin Va seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6.2 dan Gambar 6.4.

Tabel 6.2. Data hasil perhitungan V_s , T_p , V_a dan T_s

V_s (knots)	T_p (N)	V_a (knots)	T_s (N)
9,8	6685	0.0	0
9	5638	7.6	1047
8	4454	11.1	2231
7	3410	13.5	3275
6	2506	15.2	4179
5	1740	16.5	4945
4	1114	17.6	5571
3	626	18.3	6059
2	278	18.8	6407
1	70	19.1	6615
0	0	19.2	6685

Tabel 6.2 memperlihatkan data suplai gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller (T_p) dan layar (T_s). Sebagai contoh keseimbangan gaya dorong suplai adalah kapal ikan ini dalam operasionalnya berlayar dengan kecepatan servis sebesar 9.8 knots. dengan kebutuhan gaya dorong (T_{req}) sebesar 6.685 kN. Untuk menyederhanakan kita pakai istilah ilmu ekonomi: *Demand-Supply* gaya dorong. *Demand T_{req}* sebesar 6.685 kN, misal jika *supply T_p* sebesar 2.506 kN maka *supply T_s* sebesar 4.179 kN. Gaya dorong propeller T_p sebesar 2.506 kN menghasilkan kecepatan kapal V_s sebesar 6 knots dengan putaran mesin n sebesar 2000 rpm (lihat Gambar 4.11), sedangkan Gaya dorong layar T_p sebesar 4.179 kN terjadi pada kecepatan angin V_a sebesar 15 knots. Penyajian data demand supply gaya dorong seperti diperlihatkan pada Tabel 6.1 yang secara grafis seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4. Hubungan antara $V_s - V_a$

Gambar 6.4 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s dengan kecepatan angin V_a , dimana terjadi keseimbangan antara kecepatan kapal V_s dengan kecepatan angin V_a dalam rangka menyokong kebutuhan gaya dorong kapal sebesar 6.685 kN.

6.3 Tinjauan Aspek Fungsi Kapal Ikan

Fungsi Kapal Ikan telah diuraikan di bab sebelumnya secara panjang lebar. Namun dari uraian tersebut dapat disederhanakan bahwa yang menjadi prasyarat yang utama dari sebuah kapal ikan adalah kecepatan dinas (V_s) dan ketersediaan tempat ikan/ruang muat.

6.3.1 Kecepatan kapal

Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (V_s) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa, kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi (penggerak) yang dapat menghasilkan gaya dorong yang cukup untuk mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (*total resistance*) yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinasnya.

Dalam penelitian ini, pemilihan kecepatan dinas disesuaikan dengan pola operasional kapal ikan itu sendiri, antara lain:

1. Ketika kapal beroperasi di wilayah pelabuhan/dermaga (*departure from port*) dalam keadaan muatan kosong, kapal hanya akan menggunakan kecepatannya sekitar 2 sampai dengan 3 knots saja. Secara detail, penggunaan sumber tenaga penggerak di wilayah pelabuhan diperlihatkan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada V_s 3 knots

No	Source power	V_s (kts)	RT (kN)	T_{req} (kN)	P_{req} (kW)	<i>Thrust supply</i> (kN)			<i>Power supply</i> (kW)		
						E	P	S	E	P	S
1	Mesin	3	0.116	0.128	7.04	0.128	0	0	7.04	0	0
2	Panel surya					0	0.128	0	0	7.04	0
3	Layar					0	0	0.128	0	0	7.04
4	Mesin + Panel					0.106	0.022	0	5.82	1	0
5	Mesin +Layar					0.064	0	0.064	3.52	0	3.52
6	Panel+Layar					0	0.022	0.106	0	1.22	5.82
7	Mesin+Panel + Layar					0.042	0.022	0.064	2.30	1.22	3.52
8	Mesin +Panel +Layar surya					0.018	0.046	0.064	1.14	2.50	3.52

Tabel 6.3 memperlihatkan penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 3 knots, pada keadaan cuaca baik sangat disarankan sekali untuk memanfaatkan sumber tenaga penggerak panel surya karena tidak menimbulkan terjadinya polusi udara. Atau bisa memilih konfigurasi kombinasi yang lainnya dengan catatan memanfaatkan konfigurasi selain panel surya yang tidak terlalu banyak memicu terjadinya polusi udara. Saat ini peraturan mengenai polusi udara sudah menjadi persyaratan mutlak dalam bidang transportasi laut, khususnya di wilayah pelabuhan. Akan tetapi pada saat keadaan cuaca jelek, kemungkinannya adalah menggunakan sumber tenaga penggerak mesin walaupun beresiko memicu terjadi polusi udara di wilayah pelabuhan.

2. Saat kapal menuju ke lokasi *fishing ground (outward bound)* dalam keadaan muatan kosong dan setelah kapal berada di laut lepas akan menggunakan kecepatan dinas penuh (diambil harga 9.8 knots, dengan asumsi didasarkan pada jarak tempuh dan kebutuhan operasional). Kapal ikan harus sampai di fishing ground sesuai dengan waktu yang direncanakan (tepat waktu). Secara detail, penggunaan sumber tenaga penggerak diperlihatkan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 9.8 knots

No	Source power	Vs (kts)	RT (kN)	Treq (kN)	Preq (kW)	Thrust supply (kN)			Power supply (kW)		
						E	P	S	E	P	S
1	Mesin	9.8	6.423	6.685	60	6.685	0	0	60	0	0
2	Panel surya					0	6.685	0	0	60	0
3	Layar					0	0	6.685	0	0	60
4	Mesin + Panel					5.750	0.935	0	51.6	8.4	0
5	Mesin +Layar					3.342	0	3.342	30	0	30
6	Panel+Layar					0	0.935	5.750	0	8.4	52.36
7	Mesin+Panel + Layar					2.407	0.935	3.342	21.6	8.4	30
8	Mesin +Panel +Layar surya					3.342	3.342	3.342	30	30	30

Tabel 6.4 memperlihatkan penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 9.8 knots pada kondisi *outward bound*. Penggunaan tenaga penggerak kombinasi

mesin, panel surya dan layar secara bersamaan atau bergantian tergantung pada kondisi/ keadaan cuaca. Pada saat keadaan cuaca baik sangat disarankan sekali untuk memanfaatkan sumber tenaga penggerak kombinasi mesin, panel surya dan layar secara bersamaan untuk menghasilkan gaya dorong sebesar 6.685 kN dengan menggunakan konfigurasi 8. Akan tetapi pada saat keadaan cuaca jelek, kemungkinannya adalah menggunakan sumber tenaga penggerak mesin walaupun beresiko memicu terjadi polusi udara di laut bebas.

3. Saat kapal tiba di lokasi *fishing ground* (*on fishing ground*) dalam keadaan muatan kosong dan selanjutnya melakukan operasional menangkap ikan di *fishing ground* akan cenderung menggunakan kecepatannya sekitar 7 knots karena set up peralatan tangkap memerlukan waktu yang agak cepat dan kalau tidak cepat dikawatirkan ikannya pada lari semua. Secara detail, penggunaan sumber tenaga penggerak diperlihatkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 7 knots

No	Source power	Vs (kts)	RT (kN)	Treq (kN)	Preq (kW)	Thrust supply (kN)			Power supply (kW)		
						E	P	S	E	P	S
1	Mesin	7	3.076	3.410	20.43	3.410	0	0	20.43	0	0
2	Panel surya					0	3.410	0	0	20.43	0
3	Layar					0	0	3.410	0	0	20.43
4	Mesin + Panel					2.847	0.563	0	16.88	3.55	0
5	Mesin +Layar					1.705	0	1.705	10.22	0	10.22
6	Panel+Layar					0	0.563	2.847	0	3.55	16.88
7	Mesin+Panel + Layar					1.142	0.563	1.705	6.67	3.55	10.22
8	Mesin +Panel +Layar surya					0.562	1.143	1.705	3.31	7.24	10.22

Tabel 6.5 memperlihatkan penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 7 knots *on fishing ground*. Penggunaan tenaga penggerak kombinasi mesin, panel surya dan layar secara bersamaan atau bergantian tergantung pada kondisi/ keadaan cuaca. Pada saat keadaan cuaca baik sangat disarankan sekali untuk memanfaatkan

sumber tenaga penggerak kombinasi panel surya dan layar secara bersamaan untuk menghasilkan gaya dorong sebesar 3.205 kN karena tidak terjadi polusi yang dapat mengganggu keberadaan ikan. Akan tetapi pada saat keadaan cuaca jelek, kemungkinannya adalah menggunakan sumber tenaga penggerak mesin walaupun beresiko memicu terjadi polusi udara.

4. Saat kapal meninggalkan lokasi *fishing ground (homeward bound)* menuju pelabuhan dalam keadaan muatan penuh dengan hasil tangkapan, kapal akan menggunakan kecepatan dinas V_s 9.8 knots. Secara detail, penggunaan sumber tenaga penggerak diperlihatkan pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada V_s 9.8 knots

No	Source power	V_s (kts)	RT (kN)	T_{req} (kN)	P_{req} (kW)	<i>Thrust supply</i> (kN)			<i>Power supply</i> (kW)		
						E	P	S	E	P	S
1	Mesin	9.8	6.423	6.685	60	6.685	0	0	60	0	0
2	Panel surya					0	6.685	0	0	60	0
3	Layar					0	0	6.685	0	0	60
4	Mesin + Panel					5.51	1.175	0	49.58	10.42	0
	Mesin +Layar					3.342	0	3.342	30	0	30
6	Panel+Layar					0	1.175	5.51	0	10.42	49.58
7	Mesin+Panel + Layar					2.168	1.175	3.342	19.58	10.42	30
8	Mesin +Panel +Layar surya					0.959	2.384	3.342	9.73	21.27	30

Tabel 6.6 memperlihatkan penggunaan sumber tenaga penggerak pada V_s 9.8 knots pada kondisi Home ward bound. Penggunaan tenaga penggerak kombinasi mesin, panel surya dan layar secara bersamaan atau bergantian tergantung pada kondisi/ keadaan cuaca. Pada saat keadaan cuaca baik sangat disarankan sekali untuk memanfaatkan sumber tenaga penggerak kombinasi mesin, panel surya dan layar secara bersamaan untuk menghasilkan gaya dorong sebesar 6.685 kN dengan menggunakan konfigurasi 8. Akan tetapi pada saat keadaan cuaca jelek, kemungkinannya adalah menggunakan sumber tenaga penggerak mesin walaupun beresiko memicu terjadi polusi udara.

5. Saat kapal tiba di pelabuhan (*arrival at Port*), dan ketika akan sandar di pelabuhan, kapal hanya akan menggunakan kecepatannya sekitar 3 knots saja. Secara detail, penggunaan sumber tenaga penggerak diperlihatkan pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 3 knots

No	Source power	Vs (kts)	RT (kN)	Treq (kN)	Preq (kN)	Thrust supply (kN)			Power supply (kW)		
						E	P	S	E	P	S
1	Engine (E)	3	0.116	0.128	7.04	0.128	0	0	7.04	0	0
2	Panel (P)					0	0.128	0	0	7.04	0
3	Sail (S)					0	0	0.128	0	0	7.04
4	E + P					0.106	0.022	0	5.82	1	0
5	E + S					0.064	0	0.064	3.52	0	3.52
6	P + S					0	0.022	0.106	0	1.22	5.82
7	E + P + S					0.042	0.022	0.064	2.30	1.22	3.52
8	E + P + Solar S					0.018	0.046	0.064	1.14	2.50	3.52

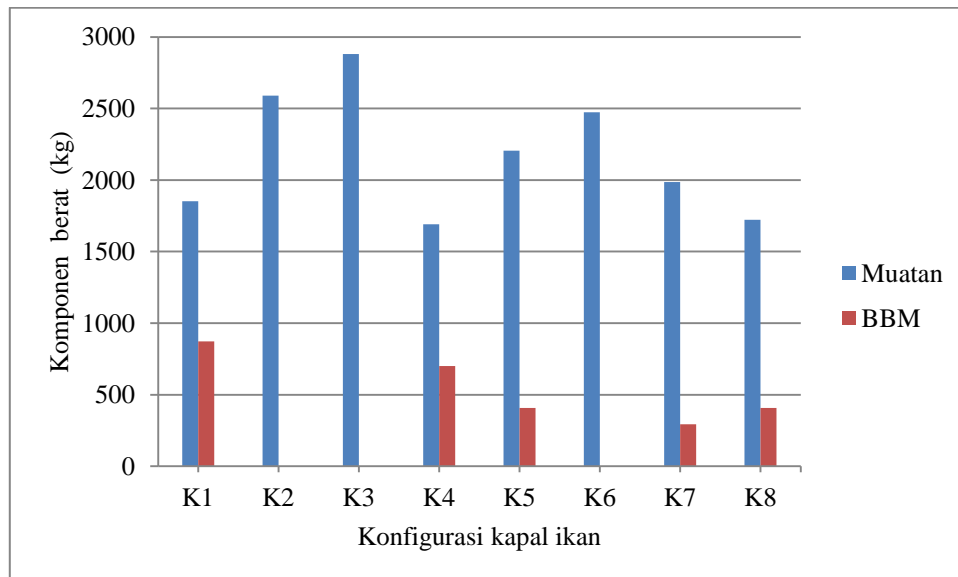
Tabel 6.7. Penggunaan sumber tenaga penggerak pada Vs 3 knots di wilayah on departure from port diperlihatkan pada Tabel 15 diatas. Saat kapal ikan beroperasi di wilayah pelabuhan dengan Vs 3 knots kemungkinan penggunaan konfigurasi kombinasi sumber tenaga penggerak adalah, sbb: Pada keadaan cuaca baik sangat disarankan sekali untuk memanfaatkan sumber tenaga penggerak panel surya karena tidak menimbulkan terjadinya polusi udara. Atau bisa memilih konfigurasi kombinasi yang lainnya dengan catatan memanfaatkan konfigurasi selain panel surya yang tidak terlalu banyak memicu terjadinya polusi udara. Saat ini peraturan mengenai polusi udara sudah menjadi persyaratan mutlak dalam bidang transportasi laut, khususnya di wilayah pelabuhan. Akan tetapi pada saat keadaan cuaca jelek, kemungkinannya adalah menggunakan sumber tenaga penggerak mesin (7.04 kW) walaupun beresiko memicu terjadi polusi udara di wilayah pelabuhan.

6.3.2 Ruang muat ikan

Ruang muat ikan yang memadai menjadi kebutuhan utama dari kapal ikan, karena misi dari sebuah kapal ikan adalah melakukan penangkapan ikan dari laut untuk mendapatkan ikan yang memenuhi kualitas dengan cara-cara yang sesuai dan mengantar ikan tersebut ke darat atau ke kapal lain untuk proses selanjutnya. Nah, untuk mendapatkan ikan yang memenuhi kualitas tersebut diperlukan tempat ikan yang memenuhi syarat (mis: menggunakan system pendingin, dll).

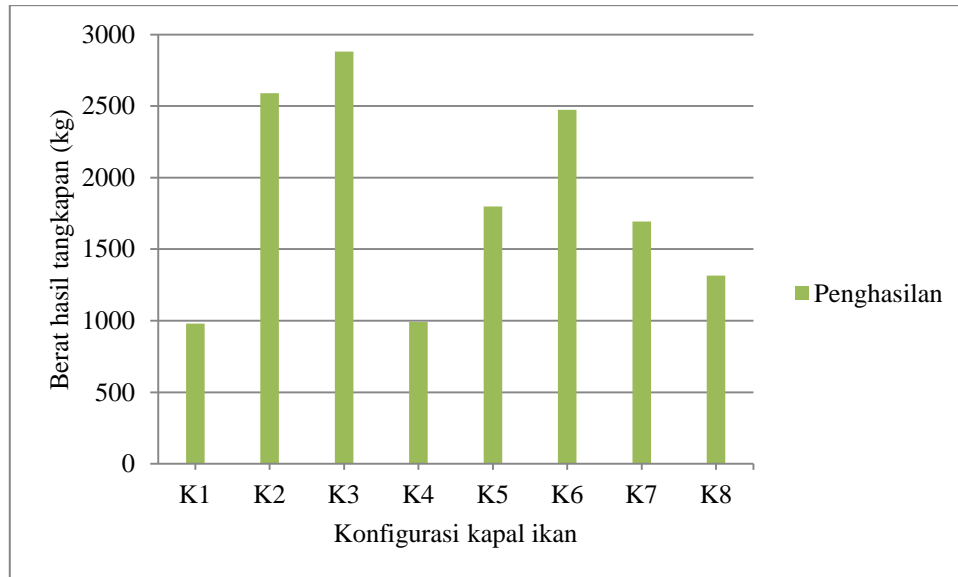
Estimasi kapasitas ruang muat kapal ikan menurut FAO (1980) adalah sebesar $CUNO \times 0.14 + 10\%$, dimana volume ruang muat kapal ikan ditentukan dengan menggunakan metode Cubic number (CUNO) $= (L \times B \times H)$. Kapasitas ruang muat minimal sebesar 8.5 m^3 . Sedangkan konfigurasi kapal ikan yang diusulkan ini mempunyai dua ruang muat yang masing-masing mempunyai volume ruang muat sebesar 9.64 m^3 .

Biasanya keterukuran nilai ekonomis dari kapal ikan tergantung pada jumlah hasil tangkapan ikan yang diperoleh dibandingkan dengan biaya operasionalnya. Volume ruang muat sangat menentukan kuantitas hasil tangkapan, sedangkan konsumsi energy (bbm) sangat menentukan biaya operasional kapal ikan.



Gambar 6.5. Hubungan antara konfigurasi kapal ikan- Muatan dan BBM

Gambar 6.5 memperlihatkan hubungan antara konfigurasi dengan muatan dan BBM. Penghasilan/ trip dari kapal ikan dihitung berdasarkan selisih antara muatan dengan BBM. Selanjutnya penghasilan/ trip tersebut disajikan dalam diagram batang seperti yang diperlihatkan Gambar 6.6.



Gambar 6.6. Grafik hubungan antara konfigurasi kapal ikan dan Penghasilan/trip

Gambar 6.6 memperlihatkan grafik hubungan antara konfigurasi dan Penghasilan/trip dari kapal ikan katamaran.

Pembahasan:

Konfigurasi mesin (K1) mempunyai penghasilan/trip hanya sebesar 0.979 t dan nilai ekonomisnya paling kecil jika dibandingkan dengan konfigurasi yang lain. Ada kepastian waktu penyerahan muatan sehingga muatan tidak sampai mengalami kerusakan, akan tetapi polusi udara yang ditimbulkan cukup besar.

Konfigurasi panel surya (K2) mempunyai penghasilan/trip sebesar 2.589 t dan nilai ekonomisnya cukup besar karena tidak menggunakan BBM. Polusi udara yang ditimbulkan tidak ada, akan tetapi operasionalnya sangat bergantung sinar matahari.

Pada cuaca jelek (mendung) kapal tidak dapat beroperasi dan kurang sesuai untuk difungsikan sebagai kapal ikan.

Konfigurasi layar (K3) mempunyai penghasilan/trip sebesar 2.88 t dan memiliki nilai ekonomis yang paling besar jika dibandingkan dengan konfigurasi yang lain. Polusi udara yang ditimbulkan tidak ada, akan tetapi operasionalnya sangat bergantung angin sehingga butuh waktu yang cukup lama untuk mengantar muatan dan kurang sesuai untuk muatan yang cepat rusak misalkan: ikan.

Konfigurasi mesin dan panel surya (K4) mempunyai penghasilan/trip sebesar 0.992 t dan nilai ekonomisnya sedikit diatas K1. Polusi udara yang ditimbulkan juga sedikit agak berkurang jika dibandingkan K1, akan tetapi pada cuaca jelek (mendung) kapal tidak dapat beroperasi secara maksimal karena sebagian tenaga penggeraknya disuplai oleh panel.

Konfigurasi mesin dan layar (K5) mempunyai penghasilan/trip sebesar 1.798 t dan memiliki nilai ekonomisnya cukup besar jika dibandingkan dengan K1 hampir dua kali lipat. Polusi udara yang ditimbulkan juga berkurang jika dibandingkan K1, akan tetapi pada cuaca jelek (mendung) dan tidak berangin kapal tidak dapat beroperasi secara maksimal karena sebagian tenaga penggeraknya disuplai oleh layar. Sedikit catatan: kondisi tidak berangin itu bisa terjadi pada cuaca baik maupun jelek.

Konfigurasi panel surya dan layar (K6) mempunyai penghasilan/trip sebesar 2.474 t dan nilai ekonomisnya cukup besar karena tidak menggunakan BBM. Polusi udara yang ditimbulkan tidak ada, akan tetapi operasionalnya sangat bergantung sinar matahari dan angin. Pada cuaca jelek (mendung dan tidak berangin) kapal tidak dapat beroperasi dan kurang sesuai untuk difungsikan sebagai kapal ikan.

Konfigurasi mesin, panel surya dan layar (K7) mempunyai penghasilan/trip sebesar 1.693 t dan nilai ekonomisnya cukup besar jika dibandingkan dengan K1 hampir dua kali lipat. Polusi udara yang ditimbulkan jauh berkurang jika dibandingkan dengan K1, akan tetapi operasionalnya sangat bergantung sinar matahari dan angin. Pada

cuaca jelek (mendung dan tidak berangin) kapal tidak dapat beroperasi secara maksimal karena sebagian tenaga penggeraknya disuplai oleh panel surya dan layar. Pada cuaca mendung saja operasional kapal masih bisa maksimal, akan tetapi pada saat kondisi tidak berangin operasional K7 ini kurang maksimal sehingga pada kondisi ini kurang sesuai jika difungsikan sebagai kapal ikan. Kelemahan pada K7 ini akan diimprove menjadi K8 yaitu dengan menambahkan panel surya yang difungsikan sebagai layar surya.

Konfigurasi mesin, panel surya dan layar surya (K8) mempunyai penghasilan/trip sebesar 1.856 t dan nilai ekonomisnya lebih besar jika dibandingkan dengan K1 dan K7. Polusi udara yang ditimbulkan jauh berkurang jika dibandingkan dengan K1. Operasional kapal sangat bergantung sinar matahari dan angin. Pada cuaca jelek (mendung dan tidak berangin) kapal tidak dapat beroperasi secara maksimal karena sebagian tenaga penggeraknya disuplai oleh panel surya dan layar akan tetapi masih mampu menjalankan fungsinya sebagai kapal ikan. Pada cuaca mendung saja operasional kapal masih bisa maksimal, demikian pula pada saat kondisi tidak berangin operasional K8 ini masih bisa maksimal sehingga sangat sesuai sekali jika difungsikan sebagai kapal ikan.

Sebagai materi pembandingan studi untuk menentukan keterukuran nilai ekonomis adalah konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin (K1). Perbandingan komponen berat K1 diperlihatkan pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8. Estimasi berat K1

Komponen berat	muatan%	DWT%	LWT%	DISPL.%
Bbm	47.10	19.07	12.06	7.39
Hasil tangkapan /muatan	100	40.48	25.61	15.69
DWT	247	100	63.28	38.75
LWT	390	158	100	61.24

Pembahasan:

Tabel 6.8 memperlihatkan Estimasi berat: bbm, muatan, DWT, LWT dan displasemen dari konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin (K1) yang dapat dipergunakan sebagai pembandingan untuk menentukan keterukuran nilai teknis dan ekonomis dari kapal ikan. Sebagai simulasi: Nilai faktor pembandingan antara kebutuhan energi fosil (BBM) dan hasil tangkapan adalah sebesar 47.10% atau 0.471 artinya untuk mendapatkan hasil tangkapan sebesar 1000 kg ikan dibutuhkan energi fosil sebesar 471 kg BBM. Nilai ekonomis kapal ikan akan meningkat jika kita dapat menekan kebutuhan energi tersebut menjadi lebih kecil dari 471, misalkan: menjadi tiga per empat, separuh dan seperempat atau bahkan menjadi nol. Selanjutnya, diskusi/pembahasan akan berlanjut mengenai bagaimana cara meningkatkan nilai ekonomis kapal ikan melalui aspek-aspek yang lainnya.

6.4 Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi

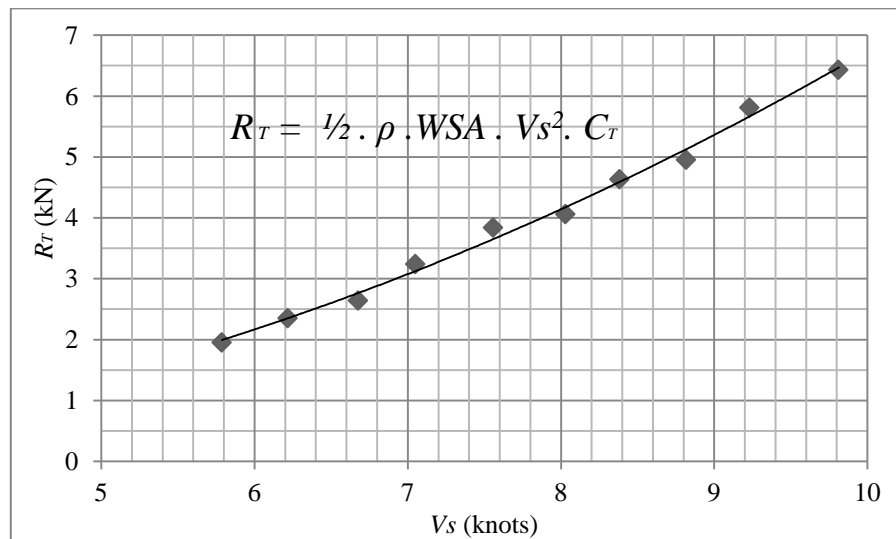
Secara umum, misi yang harus dijalankan oleh sebuah kapal ikan dalam operasionalnya di laut senantiasa dikaitkan dengan persoalan ekonomi dan lingkungan. Faktor ekonomi adalah aspek kebutuhan energy yang menyangkut seberapa banyak energy yang dikonsumsi untuk mendukung operasionalnya. Pada kapal ikan yang menggunakan tenaga penggerak mesin biaya operasional yang paling besar adalah biaya bahan bakar. Sedangkan mengenai faktor lingkungan adalah berkaitan dengan tingkat polusi yang dihasilkan oleh kapal ikan selama beroperasi.

Persoalan ekonomi dan kuatnya tekanan lingkungan memaksa para pemangku kepentingan/ *stakeholder* (spt: peneliti, akedemisi, perancang dan pemilik kapal) untuk menciptakan kapal yang lebih efisien sehingga meminimalkan penggunaan tenaga penggerak kapal. Pengurangan besarnya tenaga penggerak kapal (dan kebutuhan bbm) dapat dipenuhi sejak tahap desain kapal yaitu dengan menciptakan desain lambung dan sistem propulsi yang lebih efisien (Utama dan Molland, 2012).

Kebutuhan energi sangat erat hubungannya dengan besarnya daya/ tenaga (P) dari sumber penggerak yang dipergunakan dalam mengkonsumsinya. Sebagai contoh: sebuah kapal dengan penggerak mesin akan mengkonsumsi bbm (energy fosil), sementara kapal listrik akan mengkonsumsi energy surya dan kapal layar akan mengkonsumsi energy angin dalam menjalankan misinya.

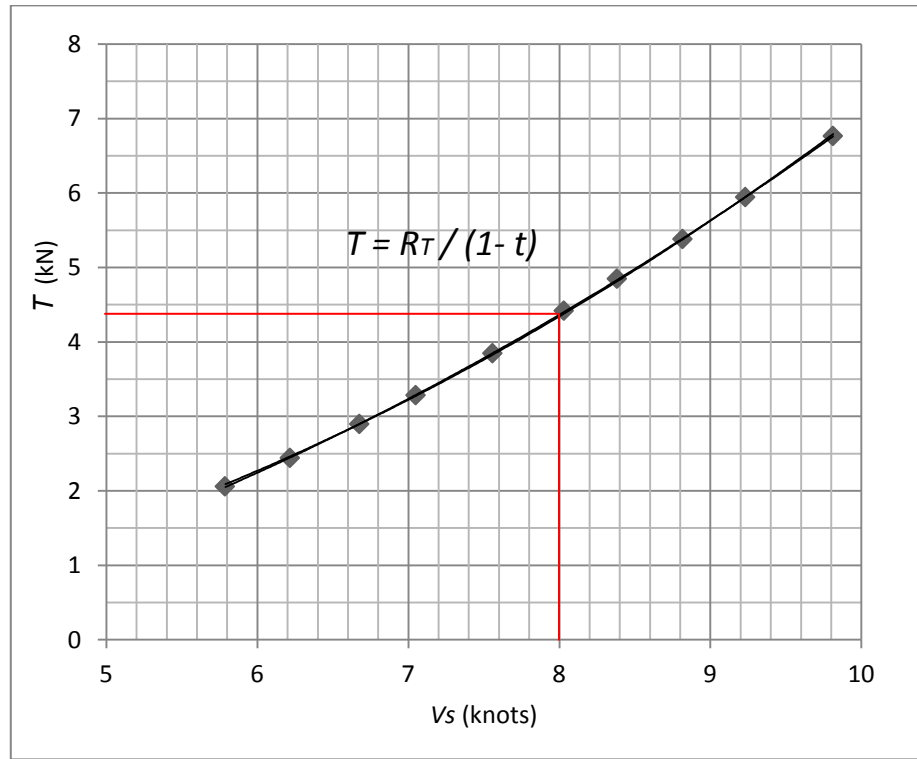
Konversi energi kapal yang melibatkan beberapa sumber penggerak, seperti: mesin, panel surya dan layar, sehingga kapal dapat bergerak maju ke depan dikarenakan adanya gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu. Mesin adalah penggerak utama kapal yang bekerjanya dengan cara mengkonversi energi bahan bakar untuk memutar baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu (Molland, 2011). Sel surya adalah suatu sistem teknologi yang merubah cahaya matahari menjadi energi

listrik melalui panel surya yang disimpan dalam baterai (Pagliaro, 2008). Layar adalah salah satu alat propulsi tanpa baling-baling pada kapal yang dapat bekerja karena adanya gaya angin (menangkap angin) pada permukaan layar, sehingga menghasilkan gaya dorong (*drifting force*) pada kapal dengan kecepatan tertentu (Norwood, 1979).



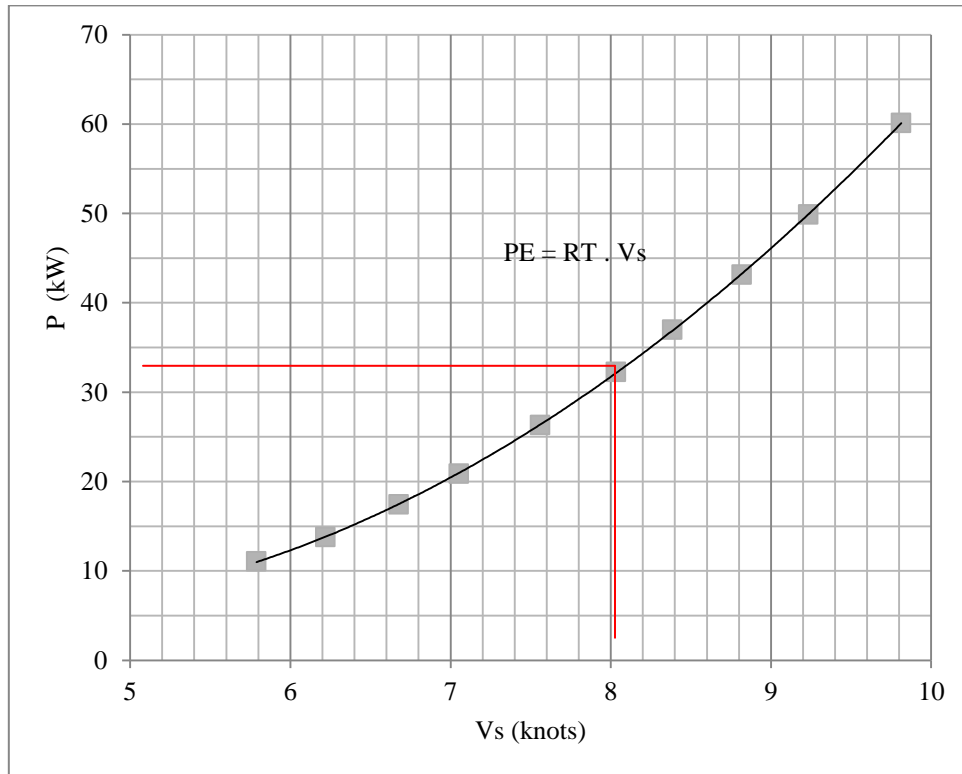
Gambar 6.7. Hubungan antara $V_s - R_T$

Gambar 6.7 memperlihatkan grafik hubungan kecepatan kapal V_s – hambatan kapal R_T . Nilai dari hambatan kapal R_T sangat tergantung pada kecepatan kapal V_s , semakin meningkat nilai dari V_s maka nilai R_T meningkat dengan tingkat derajat dua.



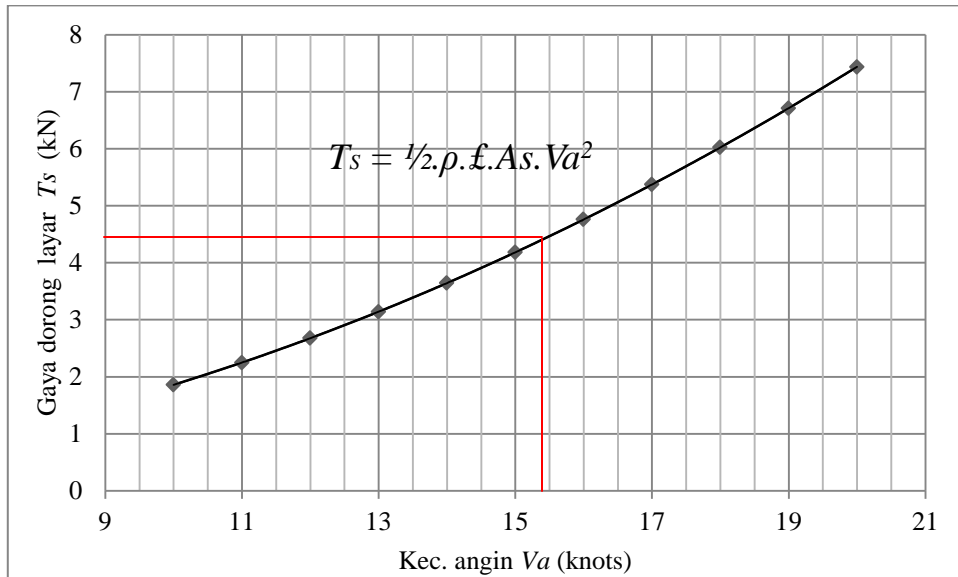
Gambar 6.8. Hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Gaya dorong T

Gambar 6.8 memperlihatkan grafik hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Gaya dorong T dengan tren meningkat artinya bertambahnya kecepatan kapal V_s akan meningkatkan terjadinya hambatan kapal R_T sehingga gaya dorong kapal T yang dihasilkan juga akan meningkat. Fenomena ini secara umum terjadi pada bangunan laut yang mempunyai penggerak mandiri dengan alat penggerak propeller atau layar.



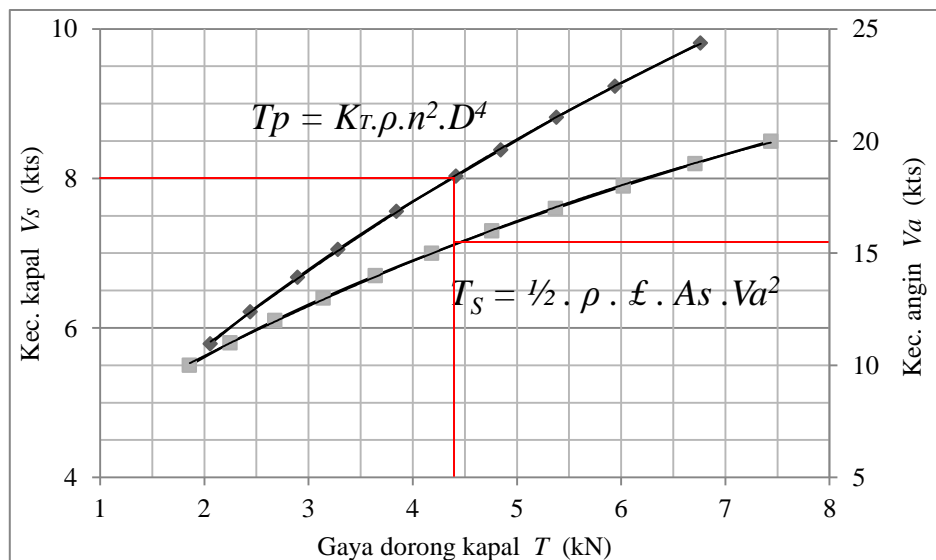
Gambar 6.9. Hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Tenaga penggerak P

Gambar 6.9 memperlihatkan grafik hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Tenaga penggerak kapal P dengan tren meningkat artinya bertambahnya kecepatan kapal V_s akan meningkatkan terjadinya hambatan kapal RT sehingga tenaga penggerak kapal P yang dihasilkan juga akan meningkat dengan tingkat derajat tiga. Kasus kapal dengan alat penggerak propeler.



Gambar 6.10. Hubungan antara Kecepatan angin V_a – Gaya dorong layar T_s

Gambar 6.10 memperlihatkan grafik hubungan antara Kecepatan angin V_a – Gaya dorong layar T_s dengan tren meningkat artinya bertambahnya kecepatan angin V_a akan meningkatkan gaya dorong layar T_s yang dihasilkan. Kasus kapal dengan alat penggerak tanpa propeller, misalnya: Layar.



Gambar 6.11. Hubungan antara Gaya dorong kapal $T - V_s$ dan V_a

Gambar 6.11 memperlihatkan grafik hubungan antara Gaya dorong kapal T dengan kecepatan kapal V_s dan kecepatan angin V_a . Grafik ini dapat dipergunakan untuk menghitung kecepatan kapal layar.

Sebagai contoh:

Konfigurasi 3 yaitu kapal ikan katamaran dengan alat penggerak layar As 125 m^2 . Pada grafik, tentukan kecepatan kapal V_s yang diusulkan sebut saja 8 knots (lihat garis merah) maka akan didapatkan nilai gaya dorong kapal T sekitar 4.5 kN kurang dan kecepatan angin V_a sekitar 15 knots lebih. Sementara untuk menghitung nilai hambatan kapal R_T pergunakan Gambar 78 hubungan antara $V_s - R_T$ didapat nilai sebesar 4 kN lebih. Jadi kapal ikan dengan Konfigurasi 3 ini dapat bergerak maju dikarenakan adanya gaya dorong kapal T sebesar 4.4 kN yang bekerja pada layar As 125 m^2 pada kondisi kecepatan angin sebesar 15.4 knots untuk melawan hambatan kapal R_T sebesar 4.1 kN dengan kecepatan kapal V_s sebesar 8 knots.

Jika Konfigurasi 3 tersebut digantikan dengan penggerak mesin, selanjutnya pertanyaannya adalah berapa besar daya/tenaga mesin yang dibutuhkan?. Jawabannya mudah saja, kita dapat menggunakan Gambar 6.14 hubungan antara Kecepatan kapal V_s – Tenaga penggerak P untuk mendapatkan nilai dari daya/tenaga mesin yang dibutuhkan yaitu \pm sebesar 32 kW. Dengan daya/tenaga mesin sebesar 32 kW tersebut, maka dapat dihitung kebutuhan bbm per hari FC yaitu sebesar $1.34 \times 32 \times 0.23 \times 8 = 0.079 \text{ ton/hari}$ dan dapat dihitung pula nilai dari polusi udara EI yang terjadi per hari yaitu sebesar $3170 \times 32 \times 0.19 \times 8 \times 0.003206 = 0.494 \text{ ton/hari}$. Hasil dari diskusi tersebut kalau dirangkai menjadi sebuah tabel seperti diperlihatkan pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9. Data hasil perhitungan kesetaraan nilai ekonomis

Objektif	V_s (kts)	R_T (kN)	T (kN)	V_a (kts)	P (kW)	FC (t/h)	EI (t/h)
Kapal ikan katamaran	8	4.1	4.4	15.4	32	0.01	0.62

Dengan cara yang sama kita bisa menghitung kesetaraan nilai ekonomis pada kecepatan kapal V_s yang lainnya

Tabel 6.10. Data hasil perhitungan kesetaraan nilai ekonomis

Objektif	V_s (kts)	RT (kN)	T (kN)	V_a (kts)	P (kW)	FC (t/h)	EI (t/h)
Kapal ikan katamaran	6	2.2	2.25	11	13	0.004	0.025
	7	3.05	3.25	13.2	21	0.006	0.041
	8	4.1	4.4	15.4	32	0.010	0.062
	9	5.4	5.6	17	46	0.014	0.089
	9,8	6.423	6.685	19	60	0.018	0.116

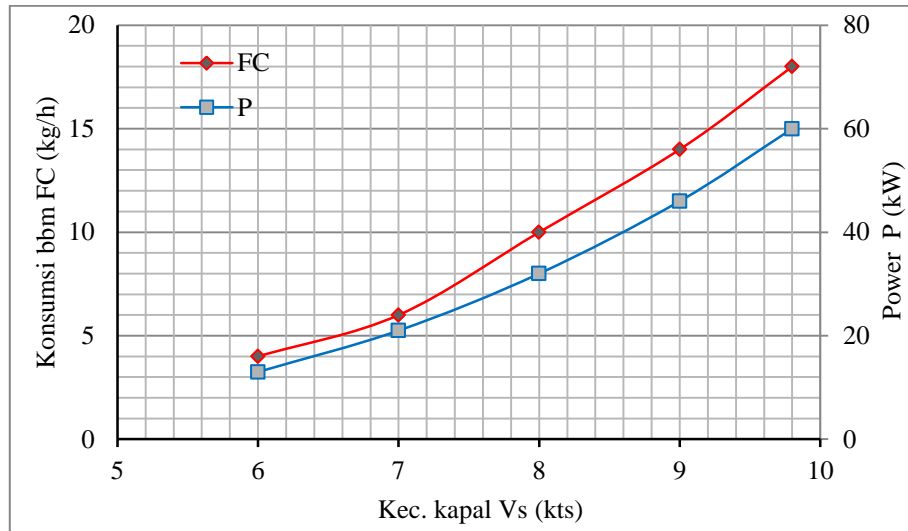
Pembahasan:

Tabel 6.10 memperlihatkan data hasil perhitungan kesetaraan nilai ekonomis Kapal ikan katamaran. Semua konfigurasi kapal ikan yang diusulkan dalam penelitian ini ada delapan varian. Dari ke delapan varian tersebut pada dasar hanya menggunakan dua alat penggerak saja yaitu propeller dan layar untuk mencapai kecepatan dinasnya. Propeler dapat bekerja karena adanya dukungan dari mesin dan panel surya, sedangkan layar dapat bekerja karena adanya tekanan angin yang bekerja pada layar. Sementara tekanan angin tersebut bisa terjadi karena kecepatan angin V_a .

Dalam pembahasan kesetaraan nilai ekonomis ini diawali dari konfigurasi kapal ikan dengan penggerak mesin (energy fosil), kemudian dilanjutkan ke penggerak layar (energy angin) dan penggerak panel surya (energy surya). Pembahasan dibatasi pada kecepatan 9.8 knots saja.

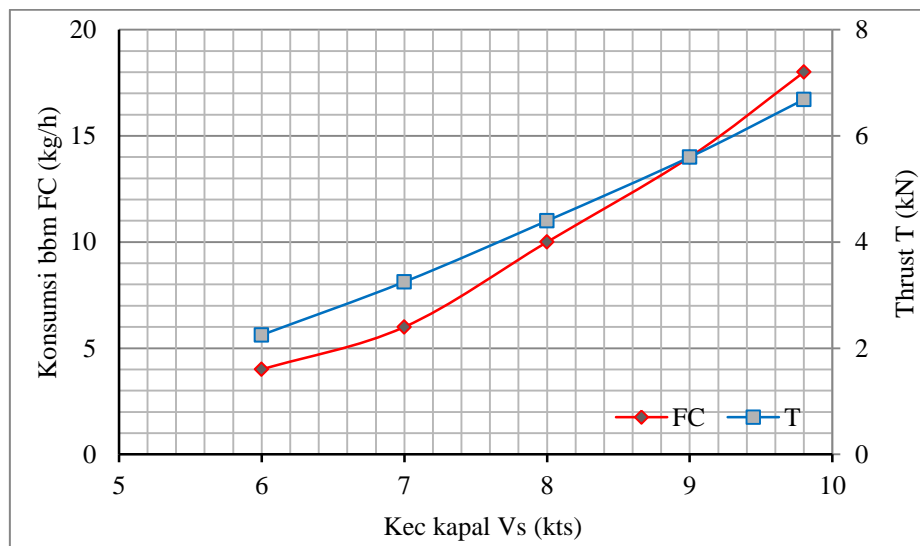
6.4.1 Energi fosil

Secara grafis nilai ekonomis kapal ikan penggerak mesin dapat dilukiskan sbb:



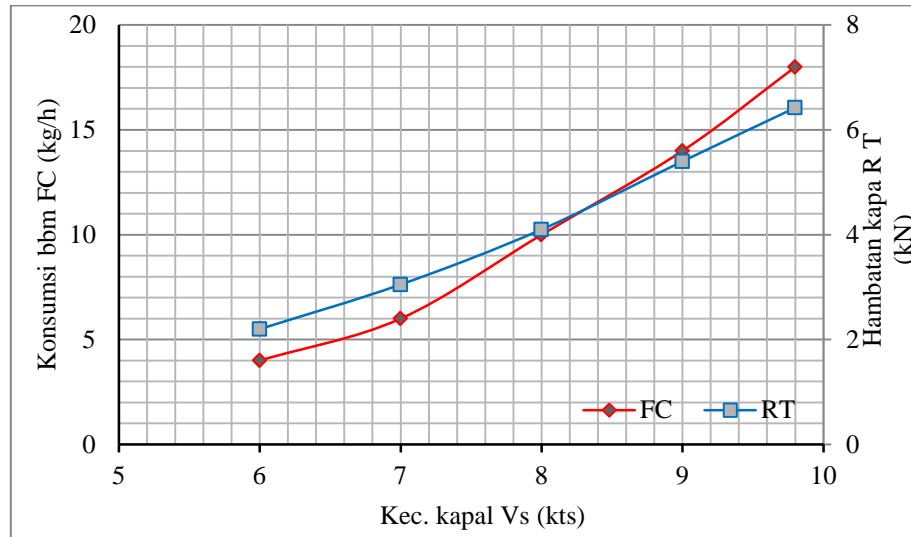
Gambar 6.12. Hubungan antara V_s - FC- P

Gambar 6.12 memperlihatkan grafik hubungan antara kecepatan kapal V_s – konsumsi bbm FC- tenaga penggerak P.



Gambar 6.13. Hubungan antara V_s - FC- T

Gambar 6.13 memperlihatkan grafik hubungan antara kecepatan kapal V_s – konsumsi bbm FC- gaya dorong T.



Gambar 6.14. Hubungan antara V_s - FC- P

Pembahasan:

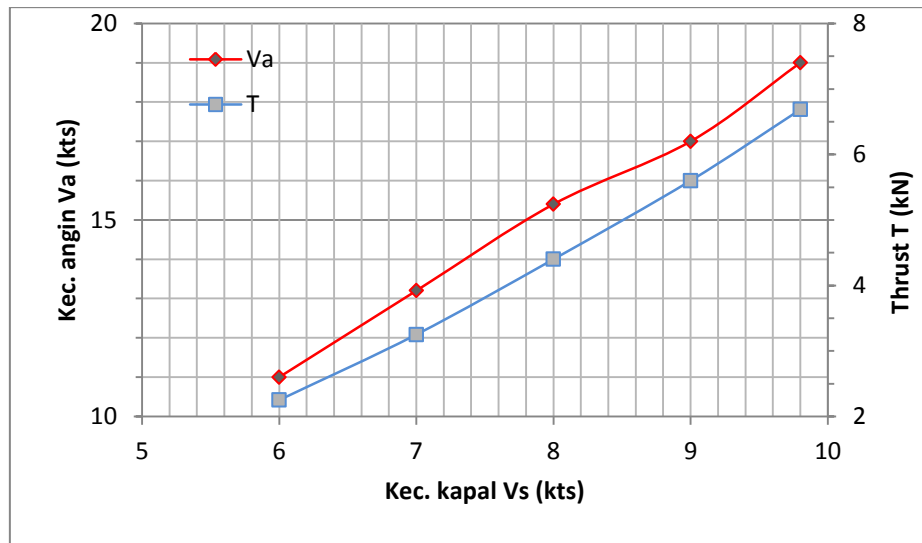
Gambar 6.14 memperlihatkan grafik hubungan antara kecepatan kapal V_s – konsumsi bbm FC- hambatan kapal R_T . Untuk mencapai kecepatan dinas V_s 9.8 knots dengan tenaga penggerak P 60 kW dibutuhkan gaya dorong kapal T sebesar 6.685 kN yang dipergunakan melawan hambatan R_T kapal yang terjadi sebesar 6.423 kN dengan konsumsi bbm FC sebesar 0,018 ton/jam. Jadi dapat dikatakan bahwa nilai ekonomis dari kecepatan kapal V_s sebesar 9.8 knots, gaya dorong sebesar 6.685 kN setara dengan biaya konsumsi bbm sebesar 0,018 ton/jam.

Nilai ekonomis energi fosil adalah sbb:

- Kecepatan kapal sebesar V_s 1 knots setara dengan bbm sebesar 1.83 kg/ jam
- Hambatan kapal R_T sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.80 kg/ jam
- Gaya dorong kapal sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.69 kg/ jam
- Tenaga penggerak sebesar 1 kW setara dengan bbm sebesar 0.3 kg/ jam

6.4.2 Energi angin

Secara grafis nilai ekonomis kapal ikan penggerak layar dapat dijelaskan dengan Gambar 6.15.



Gambar 6.15. Hubungan antara V_s - V_a - T

Pembahasan:

Gambar 6.15 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s – kecepatan angin V_a – gaya dorong T . Untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan dinas V_s 9.8 knots dibutuhkan kecepatan angin V_a sebesar 19 knots untuk menghasilkan gaya dorong T sebesar 6.685 kN. Jika nilai ekonomis dari penggunaan energy angin ini disetarakan dengan nilai ekonomis dari penggunaan energy fosil, maka hasil yang didapatkan adalah

- Kecepatan kapal sebesar V_s 1 knots setara dengan kecepatan angin V_a ± sebesar 2 knots, secara sederhana dapat disimpulkan bahwa Kecepatan angin V_a sebesar 1 knots setara dengan bbm sebesar 0.915 kg/ jam
- Hambatan kapal RT sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 1.40 kg/ jam
- Gaya dorong kapal sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 1.345 kg/ jam

6.4.3 Energi surya

Efisiensi system transmisi penggerak mesin sebesar 0.98, sedangkan penggerak panel surya adalah sebesar 0.89. Jika nilai ekonomis dari penggunaan penggerak mesin (energi fosil) ini disetarakan dengan nilai ekonomis dari penggunaan penggerak panel surya (energi surya), maka hasil nilai ekonomis energi surya yang didapatkan adalah sbb:

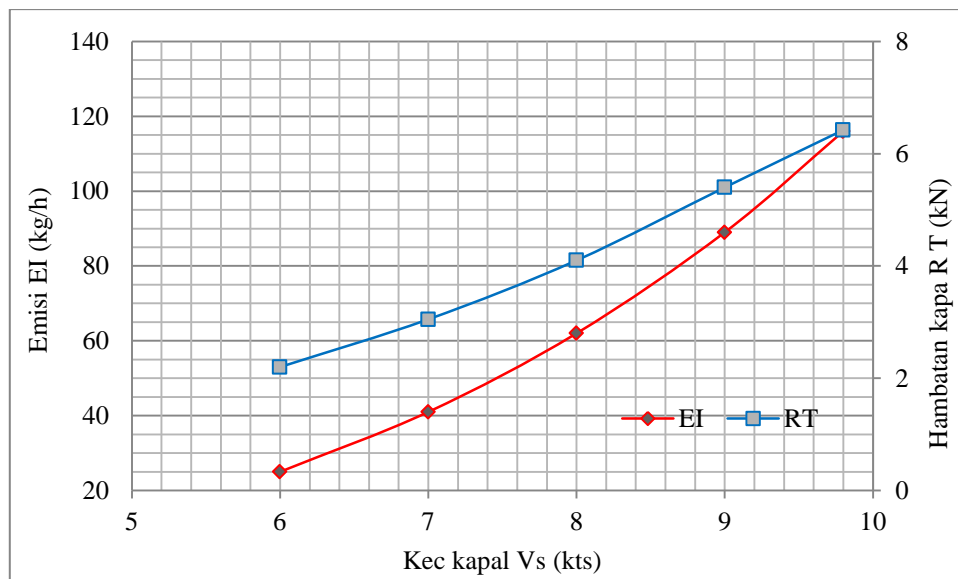
- Kecepatan kapal ikan penggerak mesin sebesar V_s 1 knots setara dengan Kecepatan kapal ikan penggerak panel surya $V_s \pm$ sebesar 0.9 knots, secara sederhana dapat disimpulkan bahwa energy surya yang dibutuhkan menggerakkan kapal sebesar 1 knots setara dengan bbm sebesar 1.17 kg/ jam
- Hambatan kapal RT sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.52 kg/ jam
- Gaya dorong kapal sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.421 kg/ jam
- Tenaga penggerak sebesar 1 kW setara dengan bbm sebesar 0.27 kg/ jam

6.5 Tinjauan Aspek Ramah Lingkungan

Saat ini terdapat setidaknya ada sekitar 1.3 juta kapal ikan komersil bergeladak dengan penggerak mesin, dan 40 ribu diantaranya mempunyai bobot 100 ton yang ikut berpartisipasi dalam menyuplai kebutuhan pangan sehari-hari dan menopang ketahanan pangan bagi berjuta-juta manusia di dunia ini (FAO, 2007).

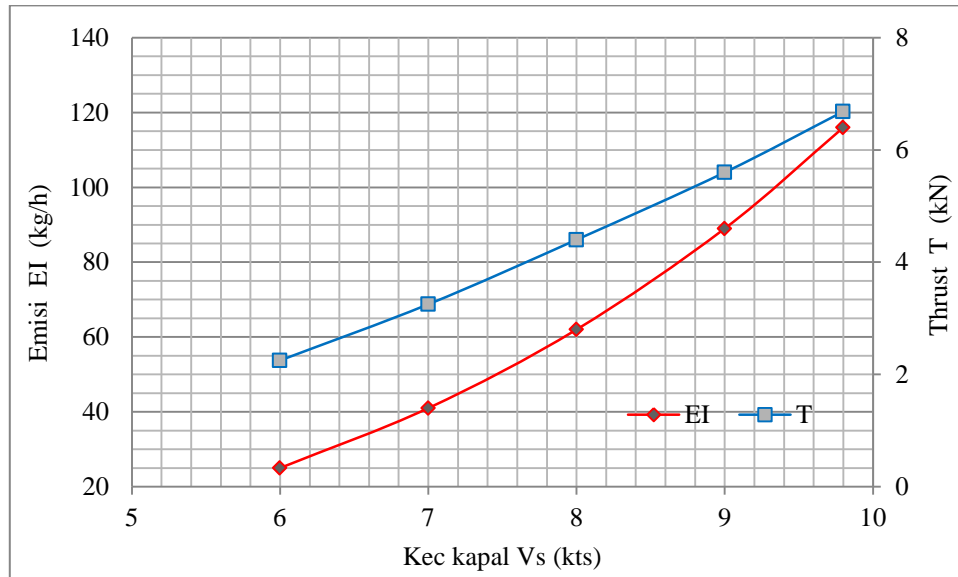
Dari aktifitas penangkapan ikan tersebut berdampak pada adanya kenaikan tingkat polusi udara (seperti: CO_2 , SO_2 and NO_x) di atmosfer terutama pada kapal ikan yang menggunakan mesin diesel berbahan bakar minyak fosil (Korol dan Latorre, 2010). Dampak yang diberikan dari aktifitas tersebut merupakan salah satu permasalahan di dunia yang sangat penting untuk dicarikan solusinya.

Dengan mengukur polusi udara yang dihasilkan oleh kapal yang berpenggerak mesin dapat diketahui tingkat efisiensi emisi dari kapal tersebut dan bisa dihitung berapa nilai ekonomisnya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.16.



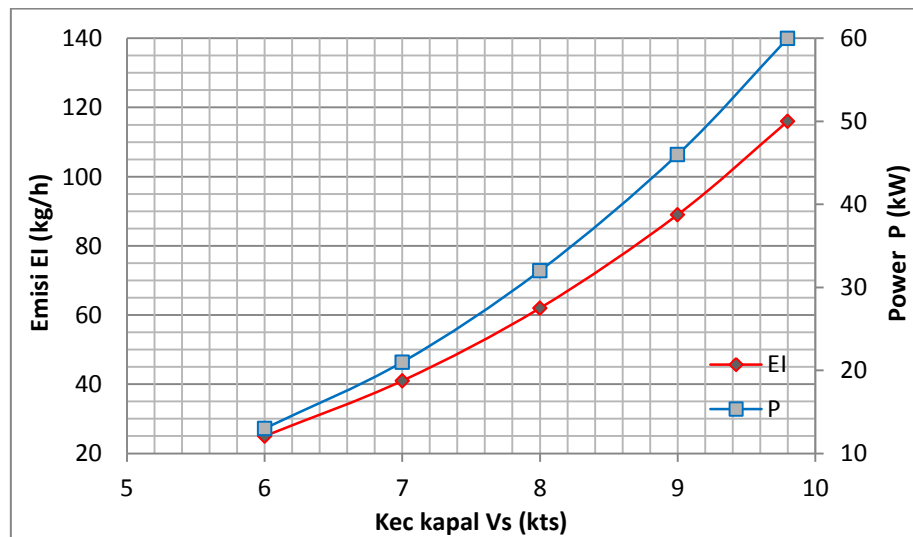
Gambar 6.16. Hubungan antara V_s - EI - R_T

Gambar 6.16 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s , polusi udara EI dan hambatan kapal R_T .



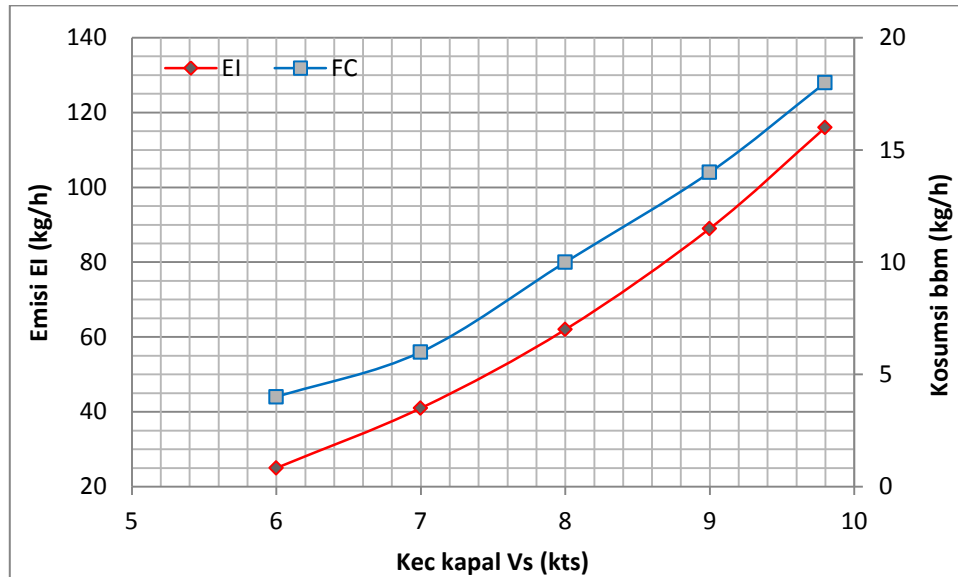
Gambar 6.17. Hubungan antara V_s - EI - T

Gambar 6.17 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s , polusi udara EI dan gaya dorong kapal T .



Gambar 6.18. Hubungan antara V_s - EI - P

Gambar 6.18 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s , polusi udara EI dan tenaga penggerak kapal P .



Gambar 6.19. Grafik hubungan antara V_s - EI - R_T

Gambar 6.19 memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal V_s , polusi udara EI dan konsumsi bbm FC .

Tabel 6.11. Data properti Tenaga Penggerak

No	Tenaga penggerak	V_s (kts)	R_T (kN)	T_{req} (kN)	P_{req} (kW)	Power supply (kW)			FC (t/h)	EI (t/h)
						Mesin	Panel surya	Layar		
1	Mesin	9.8	6.423	6.685	60	60	0	0	0.018	0.116
2	Panel surya					0	32	0	0	0
3	Layar					0	0	60	0	0
4	Mesin + Panel					51,6	8,4	0	0.015	0.100
5	Mesin + Layar					30	0	30	0.009	0.058
6	Panel + Layar					0	8,4	52,36	0	0
7	Mesin+Panel+ Layar					21.6	8.4	30	0.006	0.038
8	Mesin+Panel+ Layarsurya					30	30	30	0.009	0.058

Pembahasan:

Hasil kesetaraan nilai ekonomis secara lengkap seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6.9. Untuk mencapai kecepatan dinas V_s 9.8 knots dengan tenaga penggerak P 60 kW dibutuhkan gaya dorong kapal T sebesar 6.685 kN yang dipergunakan melawan hambatan R_T kapal yang terjadi sebesar 6.423 kN dengan konsumsi bbm FC sebesar 0,018 ton/jam. Sementara polusi udara/emisi yang terjadi adalah sebesar 0.116

ton/jam. Jadi dapat dikatakan bahwa nilai ekonomis dari kecepatan kapal V_s sebesar 9.8 knots, gaya dorong sebesar 6.685 kN dan polusi udara sebesar 0.116 ton/jam setara dengan biaya konsumsi bbm sebesar 0.018 ton/jam.

BAB 7

KESIMPULAN

Penelitian disertasi dengan tema : “Kapal Ikan Katamaran: Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan Performa Kapal yang Ramah Lingkungan”, dengan tujuan “Meminimalkan penggunaan energi fosil pada operasional kapal melalui konversi energi terbarukan (angin dan matahari)” menghasilkan kesimpulan seperti berikut:

1. Penggunaan sistem penggerak hybrid pada kapal ikan katamaran memberikan efisiensi yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan sistem penggerak konvensional.
2. Rasio (η) penggunaan mesin, konsumsi bbm (FC) dan Polusi udara (EI).

Tabel 7.1. Data hasil perhitungan P , FC , EI

No	Tenaga penggerak	Power (kW)			FC (t/h)	EI (t/h)	η
		Mesin	Panel surya	Layar			
1	Mesin	60	0	0	0.018	0.116	1
2	Panel surya	0	32	0	0	0	-
3	Layar	0	0	60	0	0	-
4	Mesin + Panel	51,6	8,4	0	0.015	0.100	0.86
5	Mesin + Layar	30	0	30	0.009	0.058	0.50
6	Panel + Layar	0	8,4	52,36	0	0	-
7	Mesin+Panel+ Layar	21.6	8.4	30	0.006	0.042	0.36
8	Mesin+Panel+ Layarsurya	30	30	30	0.009	0.058	0.50

Hasil pembahasan secara komprehensif pada kapal ikan katamaran tenaga penggerak hybrid (kombinasi mesin, panel surya dan layar) yang diusulkan ini

menunjukkan adanya perbaikan efisiensi secara keseluruhan sebesar 14 – 50 % pada konsumsi bbm.

3. Kesetaraan nilai ekonomis energi yang diperoleh adalah

- Energi fosil: Kecepatan kapal sebesar V_s 1 knots setara dengan bbm sebesar 1.83 kg/ jam, Hambatan kapal RT sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.80 kg/ jam, Gaya dorong kapal sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.69 kg/ jam, Tenaga penggerak sebesar 1 kW setara dengan bbm sebesar 0.3 kg/ jam.
- Energi angin: Kecepatan angin V_a sebesar 1 kts setara dengan bbm sebesar 0.915 kg/ jam, Hambatan kapal RT sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 1.40 kg/ jam, Gaya dorong kapal sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 1.345 kg/ jam.
- Energi surya: Kecepatan kapal sebesar 1 knots setara dengan bbm sebesar 1.17 kg/ jam, Hambatan kapal RT sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.52 kg/ jam, Gaya dorong kapal sebesar 1 kN setara dengan bbm sebesar 2.421 kg/ jam, Tenaga penggerak sebesar 1 kW setara dengan bbm sebesar 0.27 kg/ jam.

DAFTAR PUSTAKA

Arioma, 2012, Media Informasi Teknologi Penangkapan Ikan vol.29 no.1, ISSN 0854-6843, BBPPI, Semarang.

Arora, JS., 2010, Introduction to Optimum Design, second edition, The University of Iowa, Elsevier.

Barrass, B., Derret, DR., 2006, Ship Stability for Masters and Mates-edition sixth, Elsevier.

Bertram, V., 2000, *Practical Ship Hydrodynamics*, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK., pp. 74.

Bhattacharyya, R., 1972, Dynamics Of Marine Vehicles, A Wiley Interscience Publication: John Wiley and Sons, New York.

Bhattacharyya, GK, Johnson, RA., 1977, Statistical Concepts and Methods, John Wiley and Sons, New York.

Chao, RM., Po Lang Chen, Nasirudin A., Utama IKAP., 2012, *Simulation for the performance of PV panels considering panel level partial shading conditions*, penelitian kerja sama NCKU – ITS

Corredor L., Baracaldo L., Jaramillo J., Gutiérrez D., Jiménez, 2012. *A comprehensive energy analysis of a hybrid motorization for small/medium boats*, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'12) Santiago de Compostela (Spain).

Djarmiko, EB., 2012, Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di atas Gelombang Acak, its press.

Doctors, L.J., 1991, Some Hydrodynamic Aspects of Catamarans, *J. Engineers Australia*, Canberra, Australia, Vol ME16, No.4, pp 295- 302.

Dubrovsky, V., and Matveev, K., 2005, Passenger Vessels for the New Millennium: New Types of Sea-Going Multi-Hull Ships with Superior Comfort Level and Safety, Joint Meeting of the Pacific Region Sections, California Maritime Academy, California, May 13 and 14.

Eldby, J., (2014), *Building a hybrid fishing boat* , a collaboration Norwegian fisherman and SINTEF researchers, *This article is originally published at Gemini, no - Science news from NTNU and SINTEF*, Published Wednesday, April 9, 2014.

Energi terbarukan, 2014, Available online at: <http://re.djlpe.esdm.go.id/re/>

FAO Fishing Vessel, 2007, Available online at: [http:// www.id.wikipedia.org](http://www.id.wikipedia.org).

Flexible solar panel, 2015, Available online at: [http://www. 300-Watt-Polycrystalline-Solar-Panel-121.html](http://www.300-Watt-Polycrystalline-Solar-Panel-121.html).

Foscat32, 2015, Available online at: [http://www. catamaran-foscat32.com](http://www.catamaran-foscat32.com)

Fyson, J., 1985, *Design of Small Fishing Vessel*, Fishing News Books, Farnham, Surrey, England.

General Dynamics Quincy Division, 1969, *Catamaran Study vol.II- Catamaran Technology*, US Departmen of Commerce Maritime Administration.

General Dynamics Quincy Division, 1969, *Catamaran Study vol.II- Appendix A to vol.II FDL Tank Test*, US Departmen of Commerce Maritime Administration.

General Dynamics Quincy Division, 1969, *Catamaran Study vol.IV- Cargo Handling*, US Departmen of Commerce Maritime Administration.

General Dynamics Quincy Division, 1969, *Catamaran Study vol.V- Cargo Catamaran Hydrodynamics*, US Departmen of Commerce Maritime Administration.

GL Rules VI, 2013, *Additional Rules and Guidelines, Part 13 Energy Efficiency, Chapter 1 Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index, Section 2 Energy Efficiency Design Index (EEDI) Certificate Edition 2013* Germanischer Lloyd.

Green peace ship, 2015, Available online at: <http://www.greenpeace ship.com>

Harvald, SA, 1983, *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, Toronto, Canada.

Helmes T., 2012, *Catamaran design*, Catalac Catamaran Information Website, available online at: http://www.catamaransite.com/catamaran_hull_dimensioning.html.

Herbeck, L., Sickinger, C., Eiden, M., Leipold, M., DLR., 2002, *Solar sail hardware developments*, German Aerospace Center.

Hind, JA., 1982, Stability and Trim of Fishing Vessels - second edition, Fishing News Book Ltd, Farnham, Surrey, England.

HSC, 2000, Annex 7 Multihull Intact Stability.

IMO, Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships, resolution of the Marine Protection Environment Committee, MEPC, 212(63), 2012.

Indiyono, P., 2010, Hidrodinamika Dasar Bangunan Laut, its press.

Insel, M and Molland, A F, 1992, “An investigation into the resistance components of high speed displacement catamarans”, Transactions of the Royal Institution of Naval Architects, RINA, Vol. 134.

Jamaluddin, A., Utama, IKAP., 2012, Kajian Interferensi Hambatan Viskos, dan Gelombang pada Lambung Katamaran, Disertasi,

JICA, 1990, Basic Design-Book 3, The Kansai Of Naval Architects, Japan.

Keputusan Dirjen Perhubungan Laut, 1975, Nomor PY.6711116-02 tentang Pengukuran GT kapal ikan.

Keputusan presiden RI No. 5, 2006, tentang Kebijakan Energi Nasional

Kinney, F.S., 1977, Skene's Element of Yacht Design, ISBN: 071361823x, ACB Ltd, London.

Ko, S.H., Chao, RM., 2012, Photovoltaic dynamic MPPT on a moving vehicle, Solar Energy, Vol, 82, Elsevier.

Korol, I., Latorre, R., 2010, *Development of eco-friendly fishing vessel an ecological vehicle powered by renewable energy*, Association- Vessel Renewable Energy Research & Technology, School of Naval Architecture and Marine Engineering, University of New Orleans, USA.

Korol I. and Latorre, R., 2010, Development of Eco-Friendly Fishing Vessel An ecological vehicle powered by renewable energy, EVER Monaco.

Larson L., 2007, Principles of Yacht design, 3rd ed., ISBN-13: 9780071487696, Mc Graw Hill

Latorre R., 2001, Reducing fishing vessel fuel consumption and NO_x emissions, Ocean Engineering, Vol.20 No.6

Li, Z., Yan, X, Peng, Z., 2012, *Ship electric propulsion with a sensorless permanent magnet synchronous motor: a simulation study*, Wuhan University of Technology, The University of New South Wales, Sydney, Australia

Marchaj, 2003, C A, *Sail Performance, Techniques to Maximize Sail Power*, Revised Edition, Adlard Coles Nautical, London.

Marin, 1993, Shipmo-User Guide, Maritime Research Institute Netherlands, Wageningen.

MES, 1985, Ship Basic Design, Mitsui Engineering and Shipbuilding Co Ltd.

Molland, AF., 2008, *A Guide to Ship Design, Construction and Operation*, The Maritime Engineering Reference Book, Butterworth- Heinemann, Elsevier.

Molland, A.F., Utama, I K A P., and Buckland, D. (2000), "Power Estimation for High Speed Displacement Catamarans", *The second Regional Conference on Marine Technology for Sustainable Development in an Archipelago Environment, Proc. MARTEC'2000*, Surabaya, Indonesia, 7- 8 September.

Molland AF., Turnock SR., Hudson DA., 2011, Ship Resistance and Propulsion – Practical Estimation of Ship Propulsive Power, ISBN:978-0-521-76052-2 Hardback, CUP, USA.

Murdijanto, Utama, IKAP. and Jamaluddin, A., 2011, An investigation into the resistance/powering and seakeeping characteristics of river catamaran and trimaran, Makara Seri Teknologi, Vol 15, No, 1, April.

Moraes, HB., Vasconcellos, JM., Almeida, PM., 200), Multiple Criteria Optimization Applied to High Speed Catamaran Preliminary Design, Ocean Engineering, Volume 34, pp, 133 – 147.

Neves, MAS., et.al, 2011, Contemporary Ideas on Ship Stability and Capsizing in Waves, Springer.

Nasa, 2008, NASA to Attempt Historic Solar Sail Deployment, available online at: [http://www.science . nasa.gov/medialibrary/](http://www.science.nasa.gov/medialibrary/)

Newyork hornblower, 2015, Available online at: [http:// www.newyork hornblower passenger ship.com](http://www.newyorkhornblowerpassenger ship.com)

Noer, BA., 2010, Belajar Mudah Riset Operasional, ISBN: 978-979-29-1436-8, Andi offset, Yogyakarta

Norwood, J., Jr., 1979, High Speed Sailing-Design Factor-A Study of High Performance Multi hull Yacht Design, ISBN: 0-396-07738-2, Publish in USA by Dodd, Mead & Company, Inc.

Pagliaro, M., Palmisano, G., and Ciriminna, R., 2008, Flexible Solar Cells, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Pemanfaatan Energi terbarukan, 2014, Available online at: [http://inovasi.lipi.go.id/new/media/k2/items /cache](http://inovasi.lipi.go.id/new/media/k2/items/cache).

Pien, P C (1976), *Catamaran Hull-Form Design*, Proceedings of the International Seminar on Wave Resistance, the Society of Naval Architects of Japan (SNAJ).

Pinkster J., Lamb T., 2004, Ch. 41 Fishing Vessel - Ship Design and Construction Vol. II, The Society of Naval Architects and Marine Engineers. ISBN 0-939773-41-4, 601 Pavonia Avenue • Jersey City, NJ • 07306

Rao, SS, 1992, OPTIMIZATION: Theory and application (Second Edition), ISBN: 0 85226 756 8.

Rawson, K J and Tupper, E C, 1984, *Basic Ship Theory*, Vols, 1 and 2, Longman, London.

Sahrun, T., Priyatna, DC., Marbon, I., 1998, Membangun Kapal Ikan Secara Praktis, Jakarta.

Santosa, IGM., 1999, Diktat Kuliah-Perencanaan Kapal, JTP, FTK, ITS.

Santosa P.I., Utama, I.K.A.P., Aryawan W.D., Purwanto D.B., Chao R.M., Nasirudin A., 2013, An Investigation Hybrid Catamaran Fishing Vessel, Journal Proceeding and Int. Conference Aptec, ITS-Surabaya, Indonesia.

Sarasquete, FA., Rodríguez, DR., García, MS., Iturralde, MM., Gandoy, JD., 2010, *Potential of hybrid systems with permanent magnet motors for propulsion improvement on surface longliners*, First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency, E-Fishing, Vigo, Spain, May 2010.

Seakeeper, 1998-2009, Windows Version 15-User Manual, Formation Design Systems Pty Ltd

Setyawan, D., Utama, IKAP., Murdijanto, Sugiarto, A. and Jamaluddin, A., 2011, Development of catamaran fishing vessel, IPTEK – the journal for technology and science, Vol, 21, No, 4,

Sutarman, E., 2013, Matematika Teknik, ISBN: 978-979-29-2294-3, Andi offset, Yogyakarta

Tiwari, GN., Dubey, S., 2010, Fundamentals of Photovoltaics Modules and Their Applications, Published by The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge CB4 0WF, UK

Turnock, 1995, Minimising the environmental impact of shipping : clean ships for a new century, Proceedings of Marienv'95, Society of Naval Architects of Japan (SNAJ)

User Manual, *Hullspeed-Maxsurf*, Formation Design Systems Pty Ltd 1984 – 2006, Australia.

Utama, IKAP., 1999, Investigation of the Viscous Resistance Components of Catamaran Forms, PhD Thesis, Department of Ship Science, University of Southampton, UK,

Utama, IKAP., dan Molland, A, F, 2001, *Experimental and Numerical Investigations into Catamaran Viscous Resistance*, Procs, of FAST 2001, Southampton UK, September,

Utama, IKAP., 2006, *Analisis eksperimental hambatan kapal katamaran pada berbagai konfigurasi jarak demihull*, Jurnal Penelitian Engineering, Vol, 12, No, 1,

Utama, IKAP., Murdijanto dan Santosa, I,G,M, 2007a, *Kapal riset yang ekonomis dengan lambung katamaran*, Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA) 2007, Surabaya, 24 November,

Utama, IKAP, Murdijanto, Hardika, A, dan Hairul, 2007b, *Katamaran primadona kapal cepat masa kini*, Seminar Nasional Peluang, Tantangan dan Prospek Transportasi Laut di Indonesia, ITATS, Surabaya, 5 Desember,

Utama, IKAP., 2009, Development of Efficient and Environmentally Friendly Vessel Using Multihull Configuration, World Ocean Conference (WOC), Manado, Indonesia.

Utama IKAP., Setyawan, D, Jamaluddin, A, Sugiarto, A., 2010, Development of Catamaran Fishing Vessel, IPTEK, Journal for Technology and Science, Vol.21, No.4.

Utama, IKAP., Setyawan, D., Jamaluddin, A., dan and Murdijanto, 2010, Experimental and CFD Investigation into the Drag Characteristics of Catamaran Fishing Vessel, Proc, Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology (RCMeAe), Bali, Indonesia,

Utama, IKAP, Murdijanto, Jamaluddin, A., 2011, An investigation into the resistance/powering and seakeeping characteristics of river catamaran and trimaran, Makara Seri Teknologi, Vol 15, No, 1.

Utama, IKAP, Jamaluddin, A. and Aryawan, WD., 2012, *Experimental investigation into the drag interference of symmetrical and asymmetrical staggered and unstaggered catamarans*, Journal of Ocean Technology, Vol, 7, No, 1,

Utama, I K A P and Molland, A F, 2012, The powering of future ships taking into consideration economic viability and environmental issues, ICSOT), Ambon.

Utama, IKAP and Santosa, PI., Nasirudin A., Chao RM., 2013, New concept of solar powered catamaran fishing vessel, APAC, Hasanuddin University, Bali, Indonesia.

Watson, DGM., 1998, Practical Ship Design, Elsevier Science Ltd, Kidlington, UK.

Wharram J., and Boon H., 2012, Catamaran Stability.

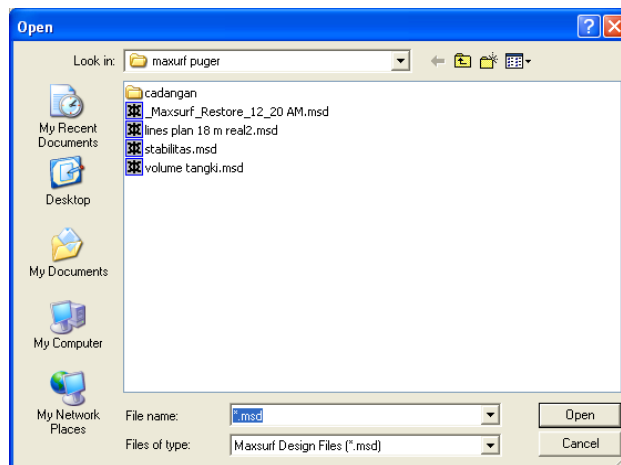
Zaojian, Z., 2006, Ship Manouvering and Seakeeping, School of Naval Architecture, Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1: STABILITAS

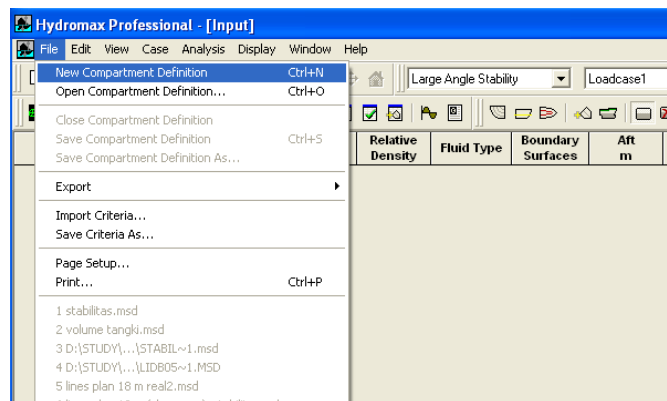
Dalam melakukan perhitungan stabilitas digunakan sub program *maxsurf* yaitu *Hydromax*. Langkah-langkah perhitungan stabilitas menggunakan program tersebut adalah sebagai berikut :

- Membuka maxsurf design file yang berisi lines plan dari kapal yang akan dihitung stabilitasnya.



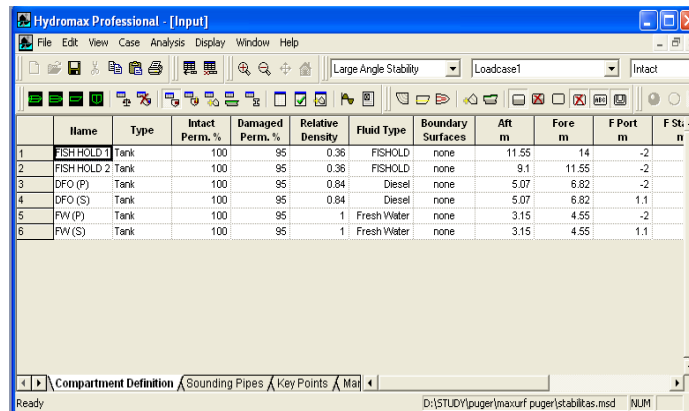
Gambar 1. Membuka desain pada hydromax

- Membuka compartment definition melalui menu kemudian memilih New Compartment Definition



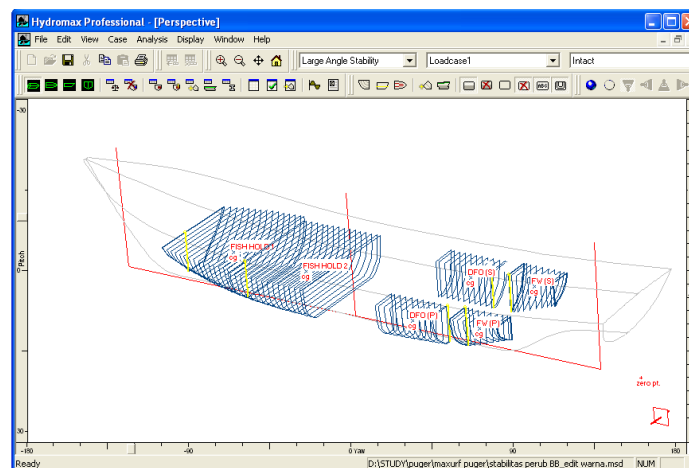
Gambar 2. Pendefinisian kompartmen

- Menentukan letak ruang muat dan tangki – tangki sesuai dengan rencana umum



	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Relative Density	Fluid Type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F Port m	F St. n
1	FISHHOLD 1	Tank	100	95	0.36	FISHHOLD	none	11.55	14	-2	
2	FISHHOLD 2	Tank	100	95	0.36	FISHHOLD	none	9.1	11.55	-2	
3	DFO (P)	Tank	100	95	0.84	Diesel	none	5.07	6.82	-2	
4	DFO (S)	Tank	100	95	0.84	Diesel	none	5.07	6.82	1.1	
5	PW (P)	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	3.15	4.55	-2	
6	PW (S)	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	3.15	4.55	1.1	

Gambar 3. Penentuan letak tangki dengan numerik



Gambar 4. Penentuan letak tangki secara grafis

- Menentukan **Loadcase** / kondisi kapal yang digunakan sebagai acuan untuk perhitungan stabilitas. Berikut ini adalah macam – macam kondisi yang direncanakan :
 1. Saat kapal meninggalkan pelabuhan (departure from port)
 2. Saat kapal menuju lokasi fishing ground (outward bound)
 3. Saat menangkap ikan di lokasi fishing ground (on fishing ground)
 4. Saat kapal meninggalkan lokasi fishing ground (homeward bound)
 5. Saat kapal tiba di pelabuhan (Arrival at home base)

1. Loadcase - KONFIGURASI_1-0 (Konfigurasi kapal ikan katamaran penggerak Mesin)

Damage Case – Intact, Free to Trim

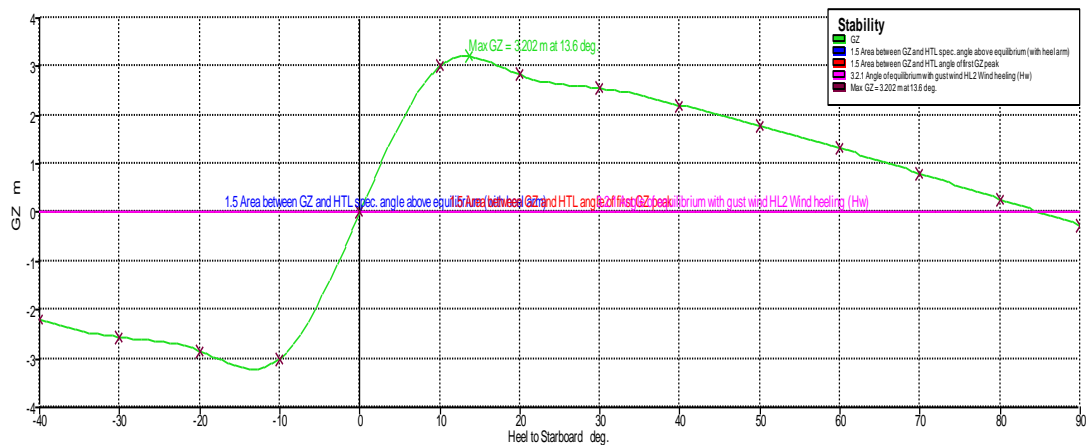
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.1. Data Berat dan Titik Berat K1-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	535	0.347	185.645	1.1325	605.8875
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	872	1.076	938.272	3.3975	2962.62
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	1851	1.148	2124.948	9.06	16770.06
3	Displ		11800		11883.465		76129.1235

KG : 1.007 LCG : 6.452



Gambar 8.1. Kurva stabilitas statis K1-0

Tabel 8.2. Data stabilitas statis K1-0

Heel to Starboard deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
GZ m	0,001	3,011	2,832	2,562	2,215	1,797	1,322	0,810	0,281	-0,250
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	17.1658	47.9698	74.6014	98.6558	118.7407	134.3852	145.0692	150.5314	150.6872
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.812	0.576	0.025	-0.622	-1.425	-2.498	-4.136	-7.199	-15.984	n/a
Draft at AP m	0.537	0.481	-0.094	-0.753	-1.567	-2.659	-4.301	-7.332	-15.933	n/a
WL Length m	15.527	15.756	15.788	15.809	15.828	15.861	15.914	15.978	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.809	3.626	3.535	3.320	2.912	2.449	1.951	1.434	1.388
Wetted Area m ²	52.381	42.559	40.951	40.774	41.237	41.805	41.895	41.121	40.455	39.982
Waterpl. Area m ²	24.148	19.006	16.841	16.647	16.392	15.372	15.285	16.486	17.798	19.124
Prismatic coeff. (Cp)	0.763	0.829	0.826	0.825	0.824	0.825	0.826	0.829	0.838	0.816
Block coeff. (Cb)	0.131	0.097	0.183	0.196	0.221	0.272	0.351	0.485	0.733	0.812
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.868	6.861	6.868	6.872	6.873	6.877	6.873	6.867	6.855	6.843
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.134	7.903	7.602	7.508	7.333	7.330	7.265	7.104	7.038	7.071
Max deck inclination deg	1.0302	10.0062	20.0042	30.0027	40.0017	50.0011	60.0005	70.0001	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.0302	-0.3580	-0.4442	-0.4878	-0.5315	-0.6045	-0.6174	-0.4959	0.1904	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		25.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		32.6	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.6102	Pass	+312.71
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.8835	Pass	+1950.10
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.8835	Pass	+1950.10
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_1-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

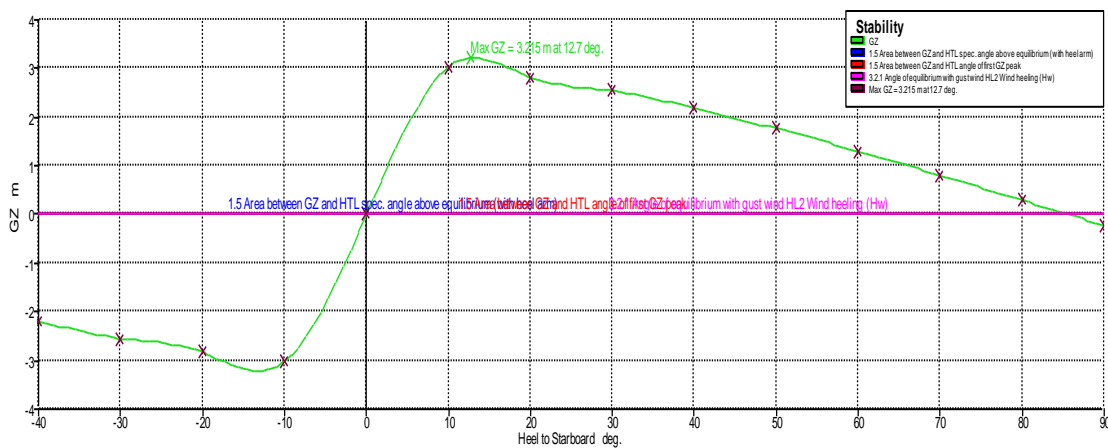
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.3. Data Berat dan Titik Berat K1-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	535	0.347	185.645	1.1325	605.8875
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	872	1.076	938.272	3.3975	2962.62
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9949		9758.517		59359.0635

KG : 0.981 LCG : 5.966



Gambar 8.2. Kurva stabilitas statis K1-1

Tabel 8.4. Data stabilitas statis K1-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.028	2.829	2.544	2.185	1.767	1.304	0.808	0.294	-0.219
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0015	17.2781	48.1719	74.6945	98.5027	118.2745	133.6717	144.2552	149.7747	150.1471
Displacement t	9.221	9.221	9.221	9.222	9.221	9.221	9.221	9.221	9.221	9.221
Draft at FP m	0.578	0.274	-0.316	-0.992	-1.825	-2.955	-4.705	-7.991	-17.419	n/a
Draft at AP m	0.530	0.444	-0.127	-0.785	-1.600	-2.703	-4.359	-7.406	-16.093	n/a
WL Length m	15.365	15.534	15.537	15.537	15.533	15.523	15.497	15.449	15.333	15.710
Beam max extents on WL m	7.138	3.610	3.575	3.466	3.293	2.992	2.550	2.029	1.477	1.435
Wetted Area m ²	44.334	34.428	34.295	34.418	34.714	35.121	35.032	34.747	34.365	33.543
Waterpl. Area m ²	21.845	14.166	13.846	14.194	15.271	16.953	18.027	19.017	20.028	21.419
Prismatic coeff. (Cp)	0.770	0.730	0.737	0.735	0.733	0.733	0.729	0.719	0.712	0.687
Block coeff. (Cb)	0.143	0.161	0.163	0.174	0.194	0.232	0.296	0.403	0.604	0.661
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.243	6.230	6.223	6.218	6.213	6.211	6.206	6.199	6.192	6.188
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.732	6.842	6.896	6.930	6.950	7.078	7.205	7.231	7.330	7.521
Max deck inclination deg	0.1821	10.0195	20.0107	30.0068	40.0043	50.0027	60.0021	70.0018	80.0011	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.1821	0.6382	0.7097	0.7732	0.8428	0.9424	1.2908	2.1850	4.9424	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		37.6	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		43.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8562	Pass	+248.12
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.0406	Pass	+1959.89
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.0406	Pass	+1959.89
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.78

Loadcase - KONFIGURASI_1-2

Damage Case - Intact

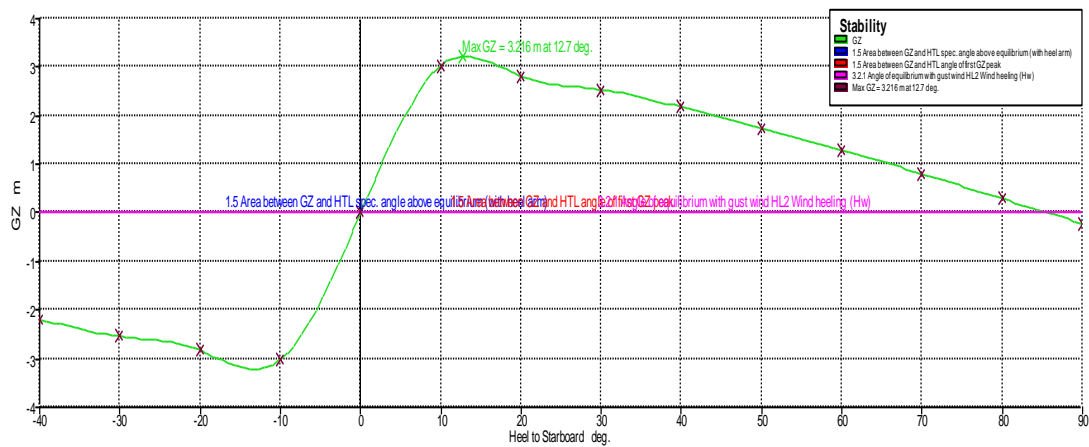
Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.5. Data Berat dan Titik Berat K1-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	535	0.347	185.645	1.1325	605.8875
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	712	1.076	766.112	3.3975	2419.02
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
3	Displ	Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9479		9252.797		57060.0885
			KG :	0.976	LCG :	6.020	



Gambar 8.3. Kurva stabilitas statis K1-2

Tabel 8.6. Data stabilitas statis K1-2

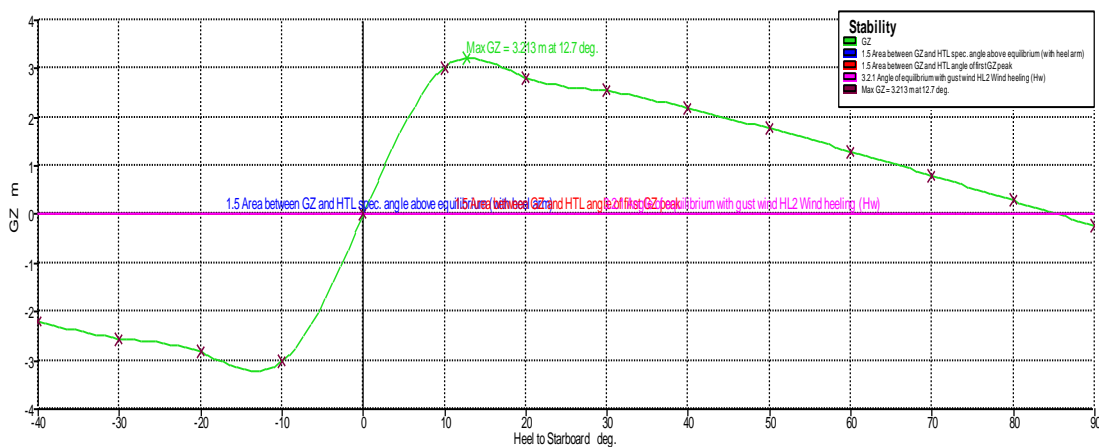
Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.030	2.828	2.540	2.178	1.760	1.300	0.808	0.297	-0.214
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0015	17.2889	48.1851	74.6775	98.4312	118.1293	133.4674	144.0327	149.5678	149.9836
Displacement t	8.831	8.831	8.831	8.832	8.832	8.831	8.831	8.831	8.831	8.831
Draft at FP m	0.576	0.271	-0.319	-0.993	-1.826	-2.955	-4.702	-7.988	-17.413	n/a
Draft at AP m	0.501	0.397	-0.179	-0.841	-1.659	-2.767	-4.440	-7.518	-16.307	n/a
WL Length m	15.363	15.532	15.535	15.536	15.533	15.524	15.498	15.451	15.336	15.720
Beam max extents on WL m	7.138	3.602	3.557	3.438	3.255	2.993	2.553	2.029	1.477	1.439
Wetted Area m ²	43.311	33.488	33.408	33.542	33.829	34.219	34.174	34.033	33.712	32.928
Waterpl. Area m ²	21.688	13.789	13.550	13.949	15.082	17.199	18.532	19.335	20.250	21.513
Prismatic coeff. (Cp)	0.762	0.755	0.754	0.752	0.750	0.748	0.743	0.733	0.726	0.700
Block coeff. (Cb)	0.138	0.162	0.165	0.176	0.198	0.233	0.299	0.408	0.613	0.671
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.289	6.279	6.274	6.270	6.267	6.265	6.260	6.253	6.246	6.243
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.725	6.892	6.935	6.962	6.972	6.992	7.124	7.194	7.315	7.516
Max deck inclination deg	0.2810	10.0106	20.0058	30.0037	40.0024	50.0015	60.0012	70.0011	80.0008	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.2810	0.4710	0.5230	0.5695	0.6244	0.6994	0.9818	1.7573	4.1255	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		42.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		47.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8707	Pass	+248.32
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.0521	Pass	+1960.60
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.0521	Pass	+1960.60
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.77

Fluid analysis method: Use corrected VCG

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	535	0.347	185.645	1.1325	605.8875
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	392	1.076	421.792	3.3975	1331.82
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
		Berat muatan :	926	1.148	1063.048	9.06	8389.56
3	Displ		9775		9637.965		62607.0735



Tabel 8.8. Data stabilitas statis K1-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.027	2.828	2.544	2.186	1.769	1.306	0.808	0.291	-0.229
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	17.2667	48.1466	74.6660	98.4790	118.2661	133.6835	144.2753	149.7773	150.0845
Displacement t	9.601	9.601	9.600	9.601	9.601	9.602	9.602	9.601	9.601	9.601
Draft at FP m	0.699	0.449	-0.127	-0.790	-1.612	-2.729	-4.433	-7.621	-16.761	n/a
Draft at AP m	0.463	0.344	-0.236	-0.902	-1.725	-2.837	-4.521	-7.625	-16.489	n/a
WL Length m	15.449	15.663	15.676	15.685	15.690	15.689	15.693	15.710	15.788	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.607	3.574	3.461	3.276	2.994	2.513	1.988	1.458	1.431
Wetted Area m ²	46.131	35.741	35.570	35.695	36.003	36.429	36.251	36.071	35.910	35.481
Waterpl. Area m ²	22.574	14.779	14.365	14.687	15.765	17.539	18.163	18.846	19.669	20.840
Prismatic coeff. (Cp)	0.747	0.813	0.813	0.813	0.814	0.816	0.823	0.837	0.812	0.782
Block coeff. (Cb)	0.124	0.168	0.175	0.189	0.213	0.254	0.334	0.470	0.691	0.754
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.723	6.719	6.723	6.726	6.727	6.725	6.721	6.713	6.703	6.694
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.937	7.283	7.267	7.264	7.243	7.129	7.091	7.115	7.208	7.371
Max deck inclination deg	0.8808	10.0073	20.0035	30.0020	40.0011	50.0005	60.0001	70.0000	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.8808	-0.3910	-0.4072	-0.4188	-0.4205	-0.4020	-0.3275	-0.0126	1.0187	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		40.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		46.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8400	Pass	+247.90
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.0274	Pass	+1959.06
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.0274	Pass	+1959.06
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.79

Loadcase - KONFIGURASI_1-4

Damage Case - Intact

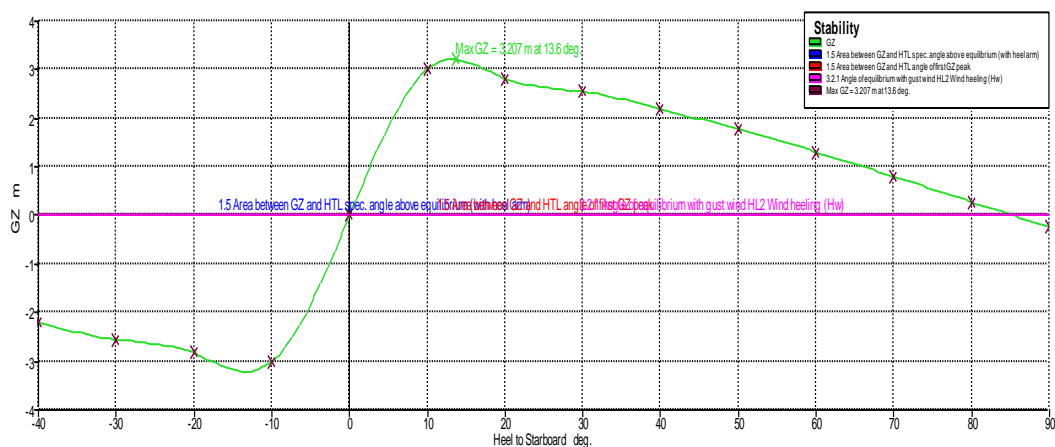
Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.9. Data Berat dan Titik Berat K1-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	535	0.347	185.645	1.1325	605.8875
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	232	1.076	249.632	3.3975	788.22
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
3	Displ	Berat muatan :	1851	1.148	2124.948	9.06	16770.06
			10105		10059.645		67980.786
			KG :	0.996	LCG :	6.727	



Gambar 8.4. Kurva stabilitas statis K1-4

Tabel 8.10. Data stabilitas statis K1-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.019	2.828	2.550	2.196	1.779	1.312	0.809	0.287	-0.239
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	17.2150	48.0475	74.5964	98.4896	118.3810	133.8768	144.5012	149.9883	150.2278
Displacement t	10.42	10.43	10.43	10.42	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.42
Draft at FP m	0.813	0.583	0.032	-0.614	-1.420	-2.502	-4.143	-7.210	-15.993	n/a
Draft at AP m	0.431	0.314	-0.277	-0.949	-1.777	-2.898	-4.600	-7.739	-16.700	n/a
WL Length m	15.530	15.767	15.800	15.822	15.839	15.866	15.919	15.979	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.656	3.615	3.520	3.314	2.992	2.536	2.002	1.456	1.428
Wetted Area m^2	48.915	38.990	37.988	37.885	38.169	38.603	38.479	38.135	37.919	37.643
Waterpl. Area m^2	23.500	17.084	15.706	15.728	16.398	16.927	17.386	18.073	18.764	19.731
Prismatic coeff. (Cp)	0.739	0.806	0.804	0.805	0.805	0.802	0.804	0.811	0.829	0.849
Block coeff. (Cb)	0.116	0.088	0.163	0.177	0.209	0.254	0.328	0.459	0.708	0.783
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.101	7.101	7.112	7.121	7.126	7.129	7.130	7.122	7.110	7.099
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.132	8.099	7.779	7.656	7.490	7.139	6.976	6.954	6.984	7.081
Max deck inclination deg	1.4287	10.0484	20.0281	30.0178	40.0109	50.0066	60.0037	70.0015	80.0003	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.4287	-1.0051	-1.1530	-1.2518	-1.3334	-1.4801	-1.7079	-1.9766	-2.6402	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		28.5	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		35.1	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.6828	Pass	+313.76
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9512	Pass	+1954.31
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9512	Pass	+1954.31
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_1-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

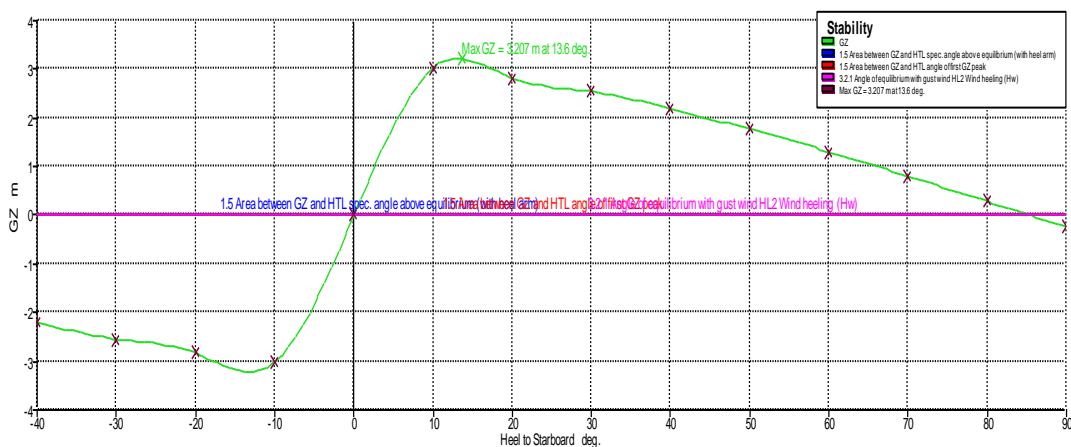
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.11. Data Berat dan Titik Berat K1-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	535	0.347	185.645	1.1325	605.8875
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	72	1.076	77.472	3.3975	244.62
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
3	Displ	Berat muatan :	1851	1.148	2124.948	9.06	16770.06
			9605		9521.645		65511.936

KG : 0.991 LCG : 6.821



Gambar 8.5. Kurva stabilitas statis K1-5

Tabel 8.12. Data stabilitas statis K1-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	3.020	2.827	2.546	2.190	1.773	1.308	0.809	0.289	-0.235
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	17.2245	48.0581	74.5786	98.4220	118.2501	133.6947	144.2995	149.7950	150.0633
Displacement t	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01
Draft at FP m	0.812	0.585	0.034	-0.613	-1.419	-2.506	-4.151	-7.218	-16.006	n/a
Draft at AP m	0.399	0.260	-0.335	-1.012	-1.842	-2.965	-4.678	-7.851	-16.918	n/a
WL Length m	15.531	15.771	15.804	15.826	15.843	15.865	15.915	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.655	3.612	3.514	3.315	2.992	2.558	2.016	1.463	1.435
Wetted Area m ²	47.849	37.975	37.055	36.966	37.214	37.601	37.557	37.353	37.192	36.954
Waterpl. Area m ²	23.339	16.640	15.398	15.488	16.293	17.174	17.908	18.405	18.995	19.865
Prismatic coeff. (Cp)	0.730	0.797	0.795	0.796	0.797	0.795	0.796	0.805	0.824	0.844
Block coeff. (Cb)	0.112	0.084	0.157	0.171	0.201	0.251	0.321	0.451	0.698	0.760
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.180	7.182	7.196	7.206	7.212	7.214	7.214	7.208	7.196	7.184
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.124	8.151	7.823	7.689	7.527	7.155	6.936	6.939	6.983	7.097
Max deck inclination deg	1.5442	10.0707	20.0402	30.0252	40.0152	50.0089	60.0049	70.0021	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5442	-1.2155	-1.3791	-1.4908	-1.5790	-1.7139	-1.9698	-2.3648	-3.4048	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		29.3	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		35.9	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.6961	Pass	+313.95
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9613	Pass	+1954.95
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9613	Pass	+1954.95
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.80

Tabel 8.13. Resume data stabilitas K1

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7227	872	1250	600	1851	11800	6.452	1.007	0,694
1	Bkt dari pelabuhan	7227	872	1250	600	0	9949	5.966	0.981	0,585
2	Menuju fishingground	7227	712	1000	540	0	9479	6.020	0.976	0,557
3	Menangkap ikan di FG	7227	392	750	480	926	9775	6.405	0.986	0,575
4	Meninggalkan FG	7227	232	375	420	1851	10105	6.727	0.996	0,594
5	Tiba di pelabuhan	7227	72	125	330	1851	9605	6.821	0.991	0,565

2. Loadcase - KONFIGURASI_2-0 (Konfigurasi kapal ikan katamaran penggerak Panel Surya)

Damage Case – Intact, Free to Trim

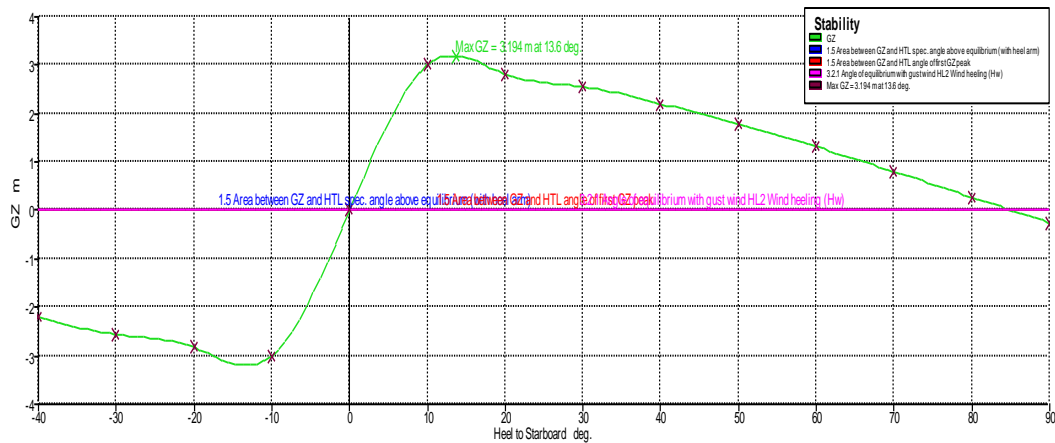
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.14. Data Berat dan Titik Berat K2-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	1.1325	220.8375
		Berat panel surya	348	3.44	1197.12	3.3975	1182.33
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	2589	1.148	2972.172	9.06	23456.34
3	Displ		11800		13022.75		81220.8435

KG : 1.104 LCG : 6.883



Gambar 8.6. Kurva stabilitas statis K2-0

Tabel 8.15. Data stabilitas statis K2-0

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.002	2.827	2.558	2.209	1.791	1.317	0.807	0.278	-0.253
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	17.1124	47.8451	74.4366	98.4361	118.4544	134.0389	144.6788	150.1098	150.2356
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.881	0.640	0.110	-0.523	-1.303	-2.340	-3.923	-6.890	-15.397	n/a
Draft at AP m	0.476	0.408	-0.181	-0.851	-1.680	-2.800	-4.485	-7.588	-16.417	n/a
WL Length m	15.579	15.808	15.857	15.890	15.928	15.981	15.981	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.866	3.641	3.541	3.319	2.987	2.502	1.983	1.447	1.412
Wetted Area m ²	52.750	43.652	41.324	41.057	41.560	42.058	42.023	41.384	40.845	40.471
Waterpl. Area m ²	24.505	20.121	17.389	16.882	16.221	15.587	15.550	16.526	17.632	18.782
Prismatic coeff. (Cp)	0.746	0.821	0.814	0.812	0.811	0.810	0.812	0.815	0.828	0.846
Block coeff. (Cb)	0.121	0.091	0.171	0.184	0.214	0.260	0.338	0.470	0.716	0.781
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.163	7.160	7.172	7.183	7.190	7.199	7.200	7.196	7.185	7.170
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.257	8.442	7.993	7.783	7.388	7.131	6.975	6.857	6.863	6.917
Max deck inclination deg	1.5135	10.0360	20.0250	30.0171	40.0121	50.0089	60.0056	70.0025	80.0007	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5135	-0.8669	-1.0871	-1.2289	-1.4095	-1.7173	-2.0991	-2.6080	-3.8080	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		20.8	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		27.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.5257	Pass	+311.50
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.7896	Pass	+1944.24
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.7896	Pass	+1944.24
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_2-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

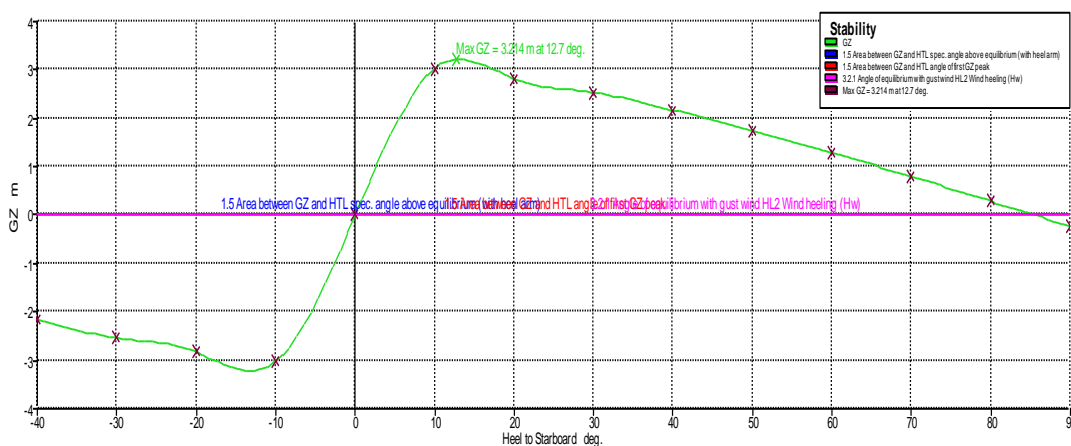
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.16. Data Berat dan Titik Berat K2-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	1.1325	220.8375
		Berat panel surya	348	3.44	1197.12	3.3975	1182.33
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9211		10050.585		57764.5035

KG : 1.091 LCG : 6.271



Gambar 8.7. Kurva stabilitas statis K2-1

Tabel 8.17. Data stabilitas statis K2-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.028	2.824	2.535	2.172	1.753	1.294	0.801	0.289	-0.225
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0013	17.2802	48.1519	74.6041	98.3038	117.9356	133.2070	143.7064	149.1646	149.4843
Displacement t	8.900	8.900	8.900	8.900	8.900	8.900	8.900	8.900	8.900	8.900
Draft at FP m	0.630	0.351	-0.232	-0.901	-1.729	-2.854	-4.585	-7.830	-17.134	n/a
Draft at AP m	0.463	0.339	-0.242	-0.908	-1.730	-2.841	-4.528	-7.638	-16.527	n/a
WL Length m	15.402	15.589	15.597	15.602	15.602	15.595	15.580	15.557	15.521	15.925
Beam max extents on WL m	7.138	3.594	3.539	3.415	3.221	2.973	2.530	2.012	1.469	1.437
Wetted Area m ²	43.876	33.818	33.760	33.905	34.197	34.586	34.536	34.457	34.320	33.562
Waterpl. Area m ²	21.977	13.900	13.674	14.086	15.240	17.517	18.738	19.359	20.268	21.847
Prismatic coeff. (Cp)	0.749	0.816	0.816	0.816	0.818	0.815	0.806	0.791	0.775	0.742
Block coeff. (Cb)	0.128	0.173	0.177	0.190	0.214	0.251	0.322	0.439	0.654	0.711
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.528	6.521	6.520	6.522	6.521	6.518	6.514	6.506	6.497	6.490
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.816	7.060	7.089	7.102	7.095	7.059	7.086	7.156	7.313	7.639
Max deck inclination deg	0.6232	10.0001	20.0000	30.0000	40.0000	50.0000	60.0001	70.0002	80.0002	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.6232	-0.0460	-0.0342	-0.0266	-0.0041	0.0475	0.2159	0.7165	2.2677	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		47.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		51.4	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8569	Pass	+248.13
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.0351	Pass	+1959.55
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.0351	Pass	+1959.55
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.77

Loadcase - KONFIGURASI_2-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

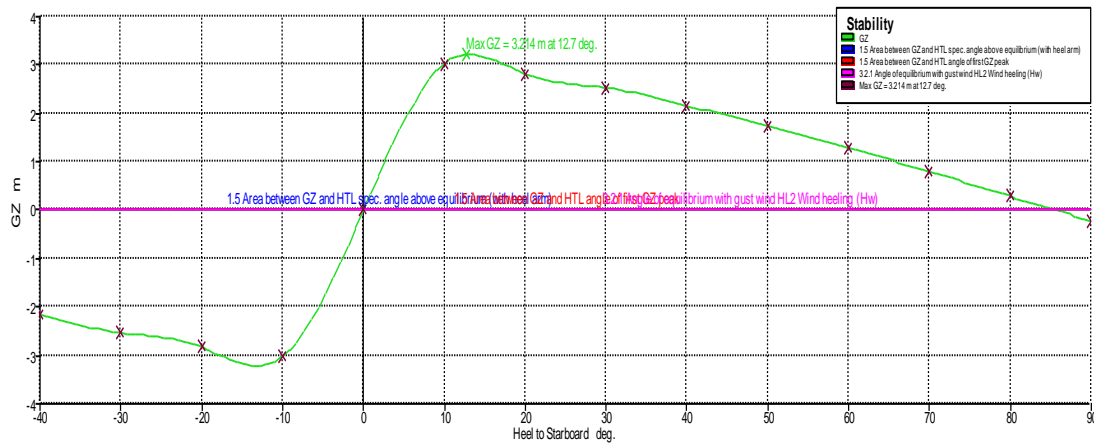
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.18. Data Berat dan Titik Berat K2-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	1.1325	220.8375
		Berat panel surya	348	3.44	1197.12	3.3975	1182.33
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		8901		9717.025		56009.1285

KG : 1.092 LCG : 6.292



Gambar 8.8. Kurva stabilitas statis K2-2

Tabel 8.19. Data stabilitas statis K2-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.029	2.823	2.531	2.167	1.746	1.291	0.801	0.291	-0.220
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	17.2863	48.1560	74.5820	98.2379	117.8105	133.0310	143.5109	148.9782	149.3316
Displacement t	8.580	8.580	8.580	8.580	8.580	8.581	8.580	8.580	8.580	8.580
Draft at FP m	0.625	0.344	-0.239	-0.908	-1.736	-2.862	-4.595	-7.842	-17.154	n/a
Draft at AP m	0.442	0.302	-0.281	-0.950	-1.774	-2.886	-4.581	-7.715	-16.678	n/a
WL Length m	15.398	15.585	15.592	15.597	15.597	15.590	15.573	15.549	15.508	15.918
Beam max extents on WL m	7.138	3.592	3.533	3.407	3.211	2.959	2.534	2.014	1.470	1.438
Wetted Area m ²	43.015	33.046	33.011	33.161	33.437	33.786	33.893	33.877	33.773	32.973
Waterpl. Area m ²	21.848	13.617	13.445	13.904	15.105	17.439	19.050	19.569	20.432	21.973
Prismatic coeff. (Cp)	0.743	0.812	0.812	0.812	0.813	0.816	0.820	0.804	0.788	0.754
Block coeff. (Cb)	0.124	0.169	0.175	0.188	0.212	0.250	0.322	0.441	0.660	0.721
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.560	6.554	6.554	6.557	6.556	6.554	6.549	6.542	6.533	6.526
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.802	7.084	7.106	7.111	7.097	7.051	7.051	7.141	7.314	7.658
Max deck inclination deg	0.6824	10.0012	20.0005	30.0003	40.0001	50.0000	60.0000	70.0001	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.6824	-0.1594	-0.1584	-0.1587	-0.1415	-0.0915	0.0518	0.4747	1.7797	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		48.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		53.1	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8647	Pass	+248.24
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.0392	Pass	+1959.80
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.0392	Pass	+1959.80
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.75

Loadcase - KONFIGURASI_2-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

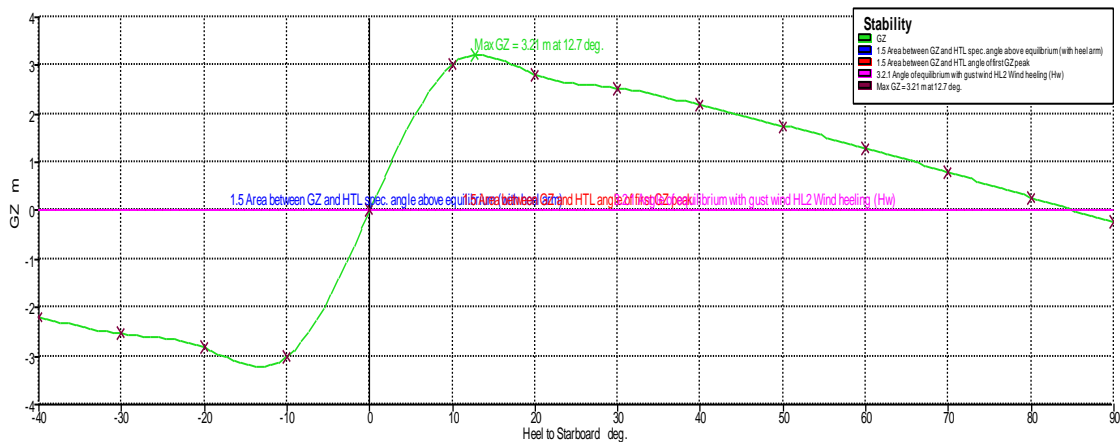
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.20. Data Berat dan Titik Berat K2-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	1.1325	220.8375
		Berat panel surya	348	3.44	1197.12	3.3975	1182.33
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
3	Displ	Berat muatan :	1295	1.148	1486.66	9.06	11732.7
3	Displ		9886		10870.125		65986.4535

KG : 1.100 LCG : 6.675



Gambar 8.9. Kurva stabilitas statis K2-3

Tabel 8.21. Data stabilitas statis K2-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.023	2.825	2.540	2.182	1.764	1.300	0.801	0.283	-0.239
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	17.2478	48.0934	74.5771	98.3515	118.0925	133.4527	143.9805	149.4089	149.6264
Displacement t	9.725	9.725	9.725	9.725	9.726	9.726	9.725	9.726	9.726	9.725
Draft at FP m	0.756	0.524	-0.042	-0.697	-1.512	-2.618	-4.294	-7.425	-16.399	n/a
Draft at AP m	0.425	0.289	-0.299	-0.970	-1.796	-2.913	-4.614	-7.758	-16.738	n/a
WL Length m	15.490	15.722	15.743	15.758	15.768	15.776	15.801	15.863	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.619	3.594	3.489	3.310	2.991	2.540	2.004	1.457	1.430
Wetted Area m ²	46.807	36.624	36.138	36.171	36.441	36.837	36.730	36.579	36.419	36.115
Waterpl. Area m ²	22.924	15.518	14.765	15.000	16.059	17.411	18.173	18.742	19.375	20.333
Prismatic coeff. (Cp)	0.737	0.805	0.805	0.804	0.804	0.804	0.808	0.819	0.833	0.852
Block coeff. (Cb)	0.117	0.159	0.163	0.179	0.209	0.252	0.326	0.459	0.706	0.803
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.969	6.968	6.979	6.985	6.989	6.988	6.987	6.979	6.967	6.956
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.031	7.711	7.538	7.470	7.408	7.151	7.013	7.046	7.093	7.220
Max deck inclination deg	1.2390	10.0367	20.0195	30.0118	40.0069	50.0037	60.0018	70.0006	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.2390	-0.8754	-0.9601	-1.0193	-1.0613	-1.1007	-1.1966	-1.2441	-1.2658	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		35.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		41.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8119	Pass	+247.53
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9937	Pass	+1956.96
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9937	Pass	+1956.96
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.80

Fluid analysis method: Use corrected VCG

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	1.1325	220.8375
		Berat panel surya	348	3.44	1197.12	3.3975	1182.33
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
		Berat muatan :	2589	1.148	2972.172	9.06	23456.34
3	Displ		10745		11887.577		75246.906

Tabel 8.23. Data stabilitas statis K2-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	3.009	2.824	2.548	2.195	1.776	1.308	0.804	0.280	-0.247
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0008	17.1578	47.9175	74.4420	98.3221	118.1959	133.6605	144.2401	149.6674	149.8318
Displacement t	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.74	10.74	10.74	10.74	10.74
Draft at FP m	0.871	0.638	0.104	-0.531	-1.320	-2.375	-3.975	-6.965	-15.525	n/a
Draft at AP m	0.404	0.289	-0.311	-0.989	-1.824	-2.954	-4.671	-7.845	-16.907	n/a
WL Length m	15.575	15.811	15.858	15.890	15.920	15.968	15.982	15.981	15.980	15.979
Beam max extents on WL m	7.138	6.848	3.631	3.543	3.317	2.989	2.556	2.015	1.462	1.435
Wetted Area m ²	50.047	40.615	38.980	38.740	39.105	39.505	39.448	39.068	38.832	38.592
Waterpl. Area m ²	23.968	18.396	16.437	16.276	16.283	16.568	17.001	17.677	18.371	19.272
Prismatic coeff. (Cp)	0.727	0.803	0.796	0.794	0.791	0.790	0.794	0.802	0.817	0.836
Block coeff. (Cb)	0.112	0.084	0.158	0.170	0.199	0.252	0.323	0.453	0.695	0.736
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.312	7.313	7.329	7.343	7.351	7.358	7.361	7.354	7.343	7.330
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.231	8.504	8.068	7.883	7.514	7.090	6.847	6.837	6.874	6.967
Max deck inclination deg	1.7464	10.0813	20.0507	30.0333	40.0216	50.0141	60.0085	70.0040	80.0012	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.7464	-1.3041	-1.5491	-1.7131	-1.8819	-2.1612	-2.6033	-3.2851	-5.1534	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		23.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		29.6	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.5925	Pass	+312.46
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.8537	Pass	+1948.24
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.8537	Pass	+1948.24
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_2-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

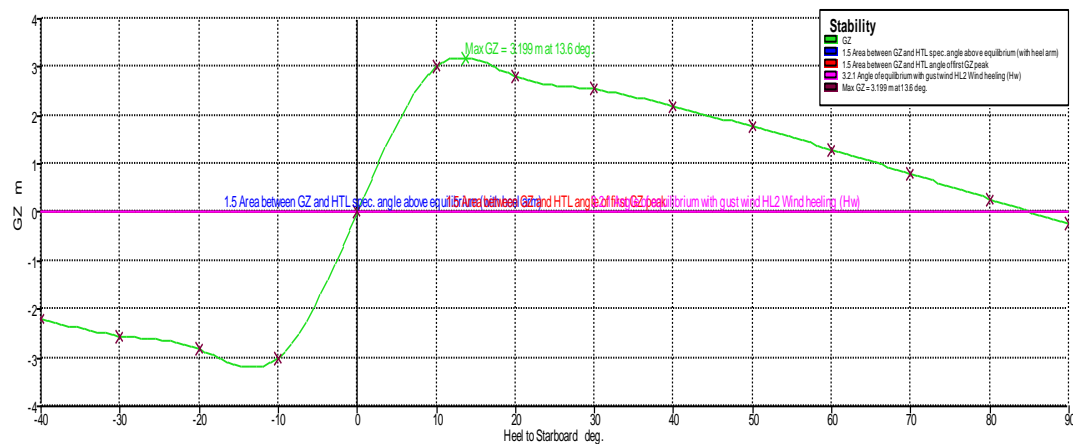
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.24. Data Berat dan Titik Berat K2-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	1.1325	220.8375
		Berat panel surya	348	3.44	1197.12	3.3975	1182.33
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
2	DWT	Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
		Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
3	Displ	Berat muatan :	2589	1.148	2972.172	9.06	23456.34
			10405		11521.737		73321.656

KG : 1.107 LCG : 7.047



Gambar 8.11. Kurva stabilitas statis K2-5

Tabel 8.25. Data stabilitas statis K2-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	3.011	2.823	2.545	2.190	1.772	1.305	0.803	0.281	-0.245
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0008	17.1680	47.9316	74.4338	98.2757	118.1029	133.5278	144.0883	149.5172	149.6982
Displacement t	10.41	10.41	10.41	10.41	10.41	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40
Draft at FP m	0.868	0.637	0.102	-0.534	-1.325	-2.386	-3.993	-6.988	-15.566	n/a
Draft at AP m	0.381	0.248	-0.354	-1.035	-1.872	-3.001	-4.726	-7.924	-17.061	n/a
WL Length m	15.573	15.812	15.859	15.891	15.919	15.962	15.983	15.981	15.980	15.979
Beam max extents on WL m	7.138	6.817	3.627	3.538	3.317	2.989	2.572	2.025	1.467	1.438
Wetted Area m ²	49.172	39.714	38.208	37.986	38.308	38.676	38.685	38.395	38.214	38.003
Waterpl. Area m ²	23.816	17.955	16.154	16.072	16.259	16.772	17.413	17.968	18.572	19.399
Prismatic coeff. (Cp)	0.720	0.797	0.790	0.788	0.785	0.783	0.786	0.795	0.810	0.831
Block coeff. (Cb)	0.109	0.082	0.153	0.165	0.194	0.246	0.318	0.447	0.687	0.723
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.366	7.368	7.386	7.401	7.412	7.415	7.416	7.410	7.400	7.388
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.220	8.524	8.087	7.899	7.546	7.107	6.830	6.836	6.883	6.987
Max deck inclination deg	1.8204	10.1010	20.0615	30.0399	40.0255	50.0160	60.0095	70.0045	80.0014	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.8204	-1.4541	-1.7056	-1.8754	-2.0437	-2.2982	-2.7387	-3.4910	-5.5722	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		24	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		30.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.6074	Pass	+312.67
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.8666	Pass	+1949.04
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.8666	Pass	+1949.04
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.26. Resume data stabilitas K2

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7361	0	1250	600	2589	11800	6.883	1.104	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7361	0	1250	600	0	9211	6.271	1.091	0.542
2	Menuju fishingground	7361	0	1000	540	0	8901	6.292	1.092	0.523
3	Menangkap ikan di FG	7361	0	750	480	1295	9886	6.675	1.100	0.581
4	Meninggalkan FG	7361	0	375	420	2589	10745	7.003	1.106	0.632
5	Tiba di pelabuhan	7361	0	125	330	2589	10405	7.047	1.107	0.612

3. Loadcase - KONFIGURASI_3-0 (Konfigurasi kapal ikan katamaran penggerak Layar)

Damage Case - Intact

Free to Trim

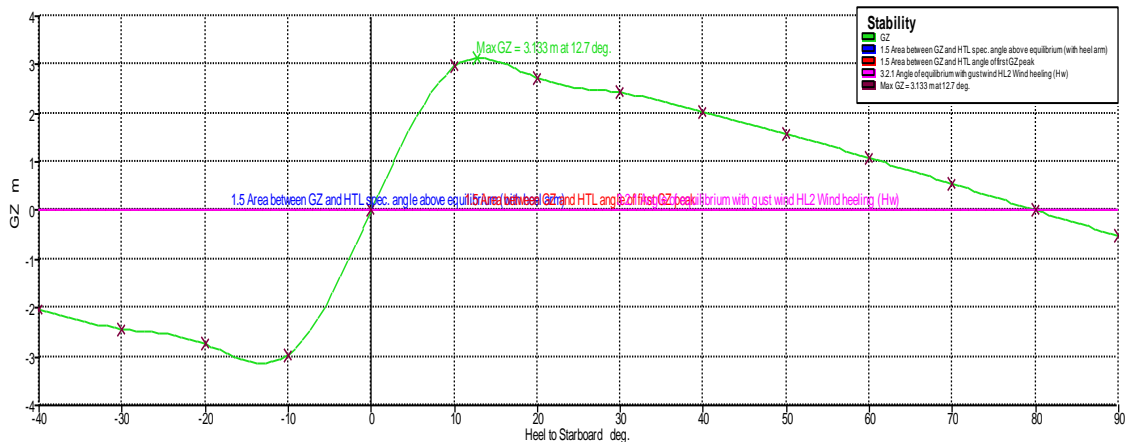
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.27. Data Berat dan Titik Berat K3-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	2880	1.148	3306.24	9.06	26092.8
3	Displ		11800		15433.56		84280.632

KG : 1.308 LCG : 7.142



Gambar 8.12. Kurva stabilitas statis K3-0

Tabel 8.28. Data stabilitas statis K3-0

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.956	2.735	2.424	2.036	1.585	1.085	0.555	0.014	-0.521
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	16.8793	46.9194	72.3798	94.8441	112.9698	126.3616	134.5756	137.4198	134.8806
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.882	0.640	0.110	-0.523	-1.303	-2.341	-3.924	-6.893	-15.405	n/a
Draft at AP m	0.476	0.408	-0.181	-0.851	-1.680	-2.799	-4.483	-7.586	-16.411	n/a
WL Length m	15.580	15.807	15.857	15.890	15.927	15.981	15.981	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.866	3.641	3.541	3.319	2.987	2.502	1.983	1.447	1.411
Wetted Area m ²	52.754	43.648	41.325	41.057	41.560	42.057	42.022	41.380	40.839	40.464
Waterpl. Area m ²	24.508	20.117	17.390	16.882	16.222	15.586	15.548	16.527	17.635	18.787
Prismatic coeff. (Cp)	0.746	0.821	0.814	0.812	0.811	0.810	0.812	0.815	0.828	0.846
Block coeff. (Cb)	0.121	0.091	0.171	0.184	0.214	0.260	0.338	0.470	0.717	0.782
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.166	7.159	7.172	7.183	7.190	7.198	7.198	7.193	7.181	7.165
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.258	8.440	7.993	7.784	7.388	7.132	6.977	6.860	6.866	6.919
Max deck inclination deg	1.5181	10.0359	20.0250	30.0171	40.0121	50.0089	60.0055	70.0025	80.0007	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5181	-0.8652	-1.0875	-1.2289	-1.4081	-1.7135	-2.0898	-2.5868	-3.7553	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		20.8	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		27.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2460	Pass	+239.90
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2661	Pass	+1911.60
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2661	Pass	+1911.60
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_3-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

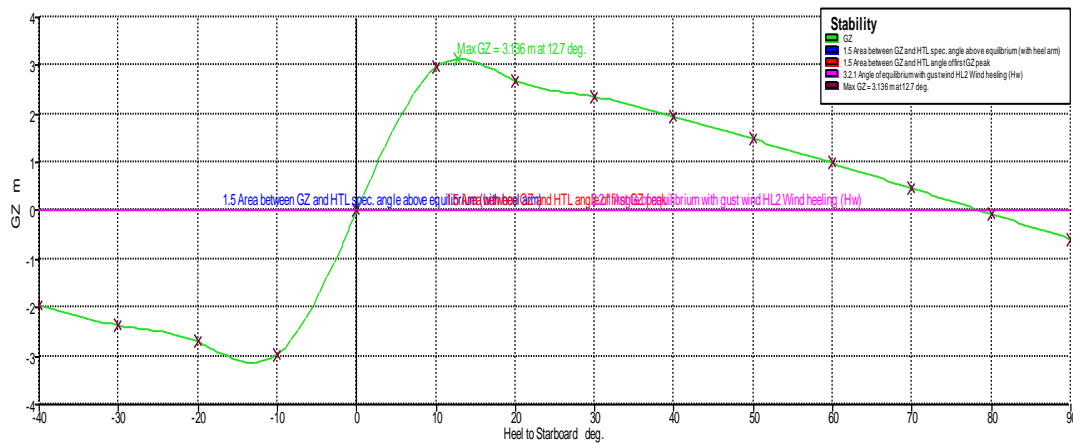
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.29. Data Berat dan Titik Berat K3-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		8920		12127.32		58187.832

KG : 1.360 LCG : 6.523



Gambar 8.13. Kurva stabilitas statis K3-1

Tabel 8.30. Data stabilitas statis K3-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.967	2.703	2.358	1.944	1.481	0.987	0.468	-0.061	-0.580
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0013	16.9710	46.9256	71.8817	93.5516	110.6816	123.0535	130.3432	132.3777	129.1687
Displacement t	8.920	8.920	8.920	8.920	8.920	8.920	8.920	8.920	8.920	8.920
Draft at FP m	0.632	0.353	-0.230	-0.899	-1.727	-2.851	-4.582	-7.826	-17.127	n/a
Draft at AP m	0.463	0.340	-0.241	-0.907	-1.729	-2.840	-4.526	-7.636	-16.523	n/a
WL Length m	15.403	15.591	15.599	15.603	15.604	15.597	15.582	15.559	15.526	15.930
Beam max extents on WL m	7.138	3.594	3.540	3.417	3.222	2.974	2.529	2.011	1.469	1.436
Wetted Area m ²	43.943	33.869	33.810	33.955	34.248	34.639	34.582	34.501	34.361	33.613
Waterpl. Area m ²	21.996	13.919	13.690	14.100	15.252	17.527	18.721	19.347	20.254	21.836
Prismatic coeff. (Cp)	0.749	0.816	0.816	0.817	0.818	0.815	0.807	0.792	0.776	0.742
Block coeff. (Cb)	0.127	0.173	0.177	0.190	0.214	0.251	0.322	0.439	0.654	0.712
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.535	6.525	6.524	6.526	6.525	6.522	6.517	6.509	6.500	6.494
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.820	7.062	7.091	7.104	7.098	7.061	7.088	7.157	7.312	7.637
Max deck inclination deg	0.6330	10.0001	20.0000	30.0000	40.0000	50.0000	60.0001	70.0002	80.0002	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.6330	-0.0516	-0.0400	-0.0325	-0.0100	0.0416	0.2099	0.7100	2.2581	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		47	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		51.4	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3568	Pass	+241.40
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3408	Pass	+1916.26
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3408	Pass	+1916.26
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.76

Loadcase - KONFIGURASI_3-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

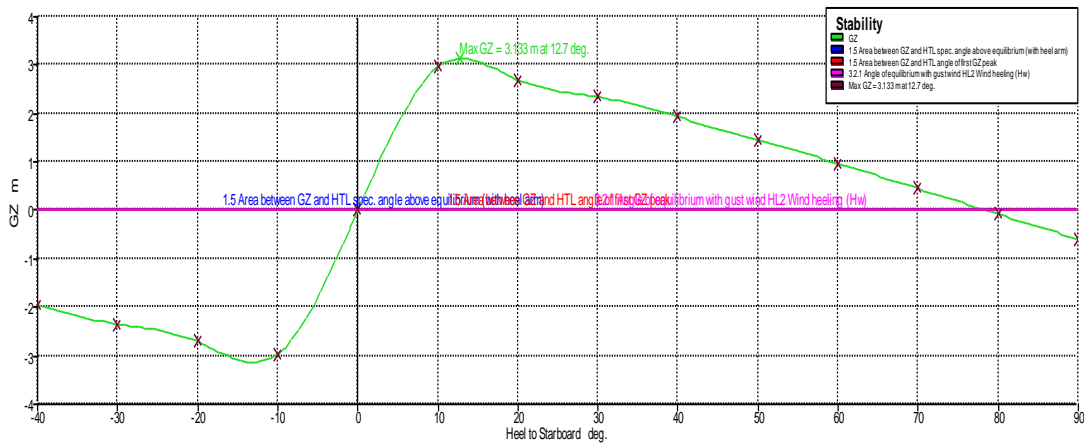
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.31. Data Berat dan Titik Berat K3-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		8610		11793.76		56432.457

KG : 1.370 LCG : 6.554



Gambar 8.14. Kurva stabilitas statis K3-2

Tabel 8.32. Data stabilitas statis K3-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.965	2.697	2.348	1.931	1.465	0.973	0.456	-0.071	-0.588
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	16.9659	46.8858	71.7631	93.3178	110.3006	122.5194	129.6755	131.5962	128.2935
Displacement t	8.610	8.610	8.610	8.610	8.610	8.611	8.610	8.610	8.610	8.610
Draft at FP m	0.627	0.347	-0.236	-0.905	-1.733	-2.858	-4.591	-7.837	-17.145	n/a
Draft at AP m	0.442	0.303	-0.280	-0.949	-1.772	-2.884	-4.578	-7.712	-16.670	n/a
WL Length m	15.400	15.587	15.595	15.600	15.600	15.593	15.576	15.552	15.514	15.924
Beam max extents on WL m	7.138	3.592	3.534	3.409	3.213	2.961	2.533	2.013	1.470	1.438
Wetted Area m ²	43.112	33.123	33.087	33.237	33.514	33.866	33.958	33.939	33.831	33.051
Waterpl. Area m ²	21.871	13.645	13.469	13.924	15.121	17.452	19.027	19.552	20.413	21.958
Prismatic coeff. (Cp)	0.743	0.812	0.812	0.812	0.813	0.817	0.821	0.805	0.788	0.754
Block coeff. (Cb)	0.124	0.169	0.175	0.188	0.212	0.250	0.323	0.442	0.661	0.721
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.568	6.558	6.559	6.561	6.561	6.557	6.553	6.545	6.536	6.530
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.807	7.087	7.109	7.115	7.100	7.055	7.053	7.142	7.312	7.656
Max deck inclination deg	0.6924	10.0013	20.0006	30.0003	40.0001	50.0000	60.0000	70.0001	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.6924	-0.1653	-0.1644	-0.1646	-0.1472	-0.0970	0.0466	0.4703	1.7765	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		48	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		53	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3466	Pass	+241.26
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3200	Pass	+1914.96
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3200	Pass	+1914.96
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.75

Loadcase - KONFIGURASI_3-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

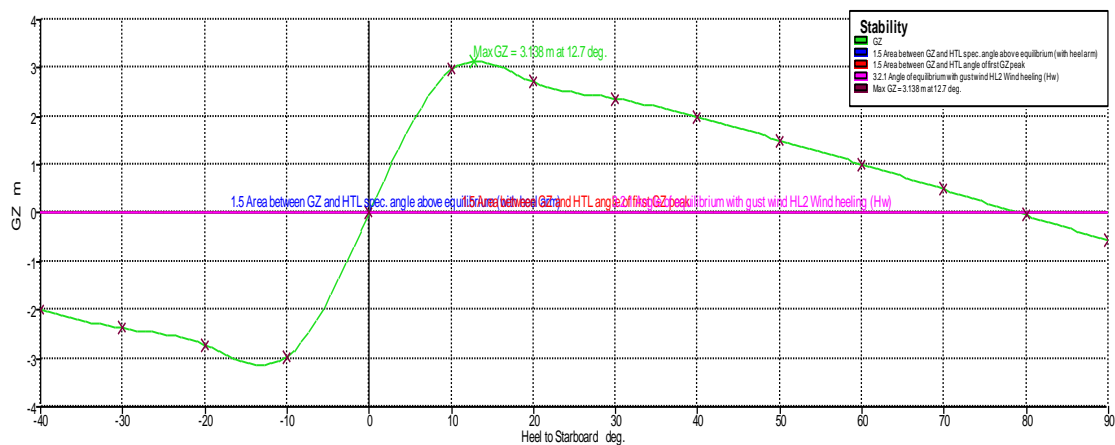
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.33. Data Berat dan Titik Berat K3-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
		Berat muatan :	1440	1.148	1653.12	9.06	13046.4
3	Displ		9740		13113.32		67723.482

KG : 1.346 LCG : 6.953



Gambar 8.15. Kurva stabilitas statis K3-3

Tabel 8.34. Data stabilitas statis K3-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.967	2.714	2.378	1.973	1.515	1.019	0.496	-0.037	-0.564
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	16.9645	46.9702	72.0843	94.0004	111.4505	124.1557	131.7449	134.0390	131.0270
Displacement t	9.740	9.740	9.740	9.740	9.741	9.741	9.740	9.741	9.741	9.740
Draft at FP m	0.758	0.525	-0.040	-0.695	-1.511	-2.616	-4.292	-7.423	-16.397	n/a
Draft at AP m	0.424	0.290	-0.298	-0.970	-1.796	-2.912	-4.613	-7.755	-16.732	n/a
WL Length m	15.492	15.723	15.745	15.760	15.769	15.777	15.803	15.864	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.619	3.594	3.490	3.311	2.992	2.539	2.004	1.457	1.429
Wetted Area m ²	46.856	36.676	36.179	36.208	36.478	36.874	36.764	36.608	36.446	36.141
Waterpl. Area m ²	22.940	15.551	14.786	15.015	16.071	17.403	18.157	18.732	19.366	20.326
Prismatic coeff. (Cp)	0.737	0.805	0.805	0.804	0.804	0.804	0.808	0.819	0.833	0.852
Block coeff. (Cb)	0.117	0.159	0.163	0.179	0.209	0.252	0.326	0.459	0.706	0.803
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.975	6.972	6.982	6.988	6.991	6.989	6.987	6.979	6.966	6.954
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.034	7.721	7.544	7.474	7.411	7.151	7.014	7.046	7.093	7.219
Max deck inclination deg	1.2472	10.0371	20.0197	30.0119	40.0069	50.0037	60.0018	70.0006	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.2472	-0.8798	-0.9659	-1.0248	-1.0653	-1.1036	-1.1976	-1.2408	-1.2523	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		35.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		41.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3539	Pass	+241.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3577	Pass	+1917.31
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3577	Pass	+1917.31
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.79

Loadcase - KONFIGURASI_3-4

Damage Case - Intact

Free to Trim

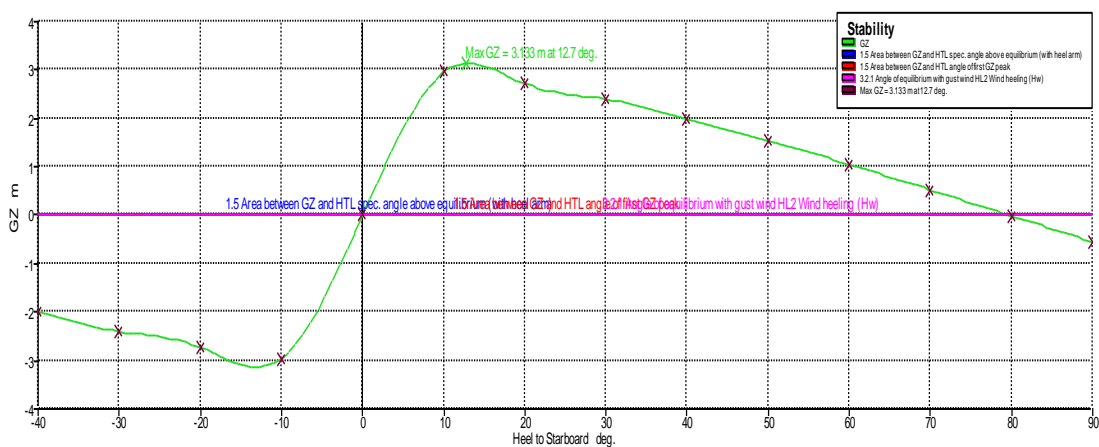
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.35. Data Berat dan Titik Berat K3-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
		Berat muatan :	2880	1.148	3306.24	9.06	26092.8
3	Displ		10745		14298.38		78306.6945

KG : 1.331 LCG : 7.288



Gambar 8.16. Kurva stabilitas statis K3-4

Tabel 8.36. Data stabilitas statis K3-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	2.958	2.723	2.401	2.005	1.551	1.053	0.527	-0.010	-0.541
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0008	16.9010	46.8993	72.1812	94.3751	112.1699	125.2259	133.1406	135.7266	132.9637
Displacement t	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.74	10.74	10.74	10.74	10.74
Draft at FP m	0.872	0.638	0.105	-0.530	-1.320	-2.375	-3.975	-6.967	-15.531	n/a
Draft at AP m	0.403	0.288	-0.311	-0.990	-1.825	-2.954	-4.671	-7.843	-16.902	n/a
WL Length m	15.576	15.811	15.859	15.891	15.921	15.969	15.982	15.981	15.980	15.979
Beam max extents on WL m	7.138	6.848	3.631	3.543	3.317	2.989	2.556	2.015	1.462	1.435
Wetted Area m^2	50.052	40.622	38.983	38.741	39.106	39.505	39.447	39.065	38.827	38.585
Waterpl. Area m^2	23.974	18.404	16.443	16.277	16.282	16.568	17.001	17.678	18.374	19.277
Prismatic coeff. (Cp)	0.726	0.803	0.796	0.794	0.791	0.790	0.794	0.802	0.817	0.837
Block coeff. (Cb)	0.112	0.084	0.158	0.170	0.199	0.251	0.323	0.453	0.696	0.737
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.317	7.315	7.332	7.345	7.353	7.358	7.360	7.351	7.339	7.325
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.232	8.507	8.071	7.885	7.514	7.090	6.847	6.838	6.876	6.968
Max deck inclination deg	1.7536	10.0817	20.0511	30.0335	40.0217	50.0141	60.0085	70.0040	80.0012	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.7536	-1.3077	-1.5548	-1.7186	-1.8857	-2.1620	-2.5991	-3.2707	-5.1116	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		23.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		29.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2702	Pass	+240.23
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2774	Pass	+1912.30
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2774	Pass	+1912.30
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_3-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

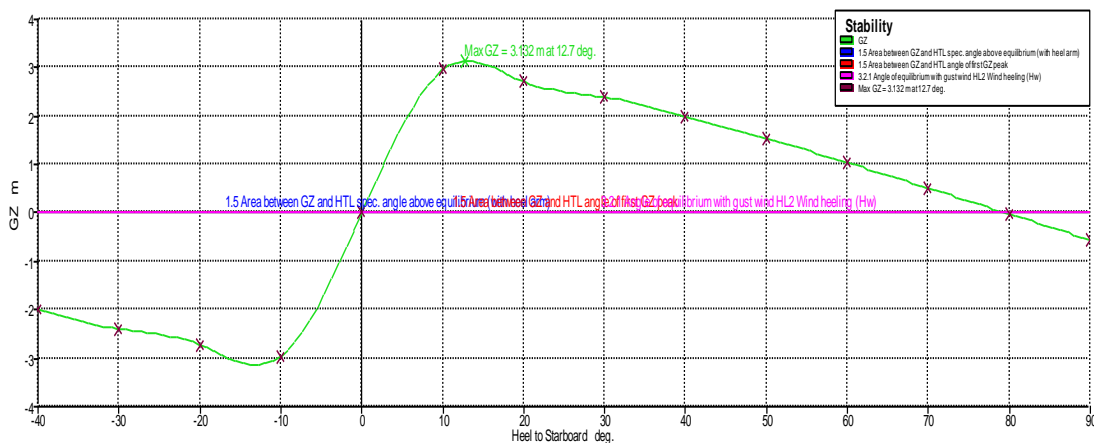
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.37. Data Berat dan Titik Berat K3-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (m)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :					
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :					
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	2880	1.148	3306.24	9.06	26092.8
3	Displ		10405		13932.54		76381.4445

KG : 1.339 LCG : 7.341



Gambar 8.17. Kurva stabilitas statis K3-5

Tabel 8.38. Data stabilitas statis K3-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	2.958	2.719	2.393	1.995	1.539	1.042	0.517	-0.019	-0.549
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0008	16.9028	46.8799	72.0990	94.1998	111.8803	124.8181	132.6269	135.1218	132.2802
Displacement t	10.41	10.41	10.41	10.41	10.41	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40
Draft at FP m	0.869	0.638	0.103	-0.533	-1.324	-2.386	-3.993	-6.990	-15.571	n/a
Draft at AP m	0.380	0.247	-0.356	-1.036	-1.873	-3.002	-4.726	-7.922	-17.056	n/a
WL Length m	15.574	15.813	15.860	15.891	15.920	15.962	15.983	15.981	15.980	15.979
Beam max extents on WL m	7.138	6.817	3.628	3.538	3.317	2.989	2.572	2.025	1.467	1.438
Wetted Area m ²	49.178	39.724	38.211	37.988	38.310	38.677	38.685	38.393	38.209	37.997
Waterpl. Area m ²	23.823	17.966	16.162	16.077	16.258	16.771	17.413	17.969	18.575	19.405
Prismatic coeff. (Cp)	0.719	0.797	0.790	0.788	0.785	0.783	0.786	0.795	0.811	0.831
Block coeff. (Cb)	0.109	0.082	0.153	0.165	0.194	0.246	0.318	0.447	0.688	0.724
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.371	7.372	7.390	7.404	7.414	7.415	7.416	7.408	7.396	7.383
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.221	8.529	8.091	7.902	7.546	7.107	6.830	6.837	6.884	6.988
Max deck inclination deg	1.8285	10.1017	20.0621	30.0402	40.0256	50.0160	60.0094	70.0045	80.0014	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.8285	-1.4595	-1.7134	-1.8830	-2.0495	-2.3007	-2.7364	-3.4790	-5.5345	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		23.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		30.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2704	Pass	+240.23
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2711	Pass	+1911.92
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2711	Pass	+1911.92
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.39. Resume data stabilitas K3

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7070	0	1250	600	2880	11800	7.142	1,308	0,694
1	Bkt dari pelabuhan	7070	0	1250	600	0	8920	6.523	1,360	0,525
2	Menuju fishingground	7070	0	1000	540	0	8610	6.554	1,370	0,506
3	Menangkap ikan di FG	7070	0	750	480	1440	9740	6.953	1,346	0,573
4	Meninggalkan FG	7070	0	375	420	2880	10745	7.288	1,331	0,632
5	Tiba di pelabuhan	7070	0	125	330	2880	10405	7.341	1,339	0,612

4. Loadcase - KONFIGURASI_4-0 (Kapal ikan katamaran penggerak Mesin- Panel surya)

Damage Case - Intact

Free to Trim

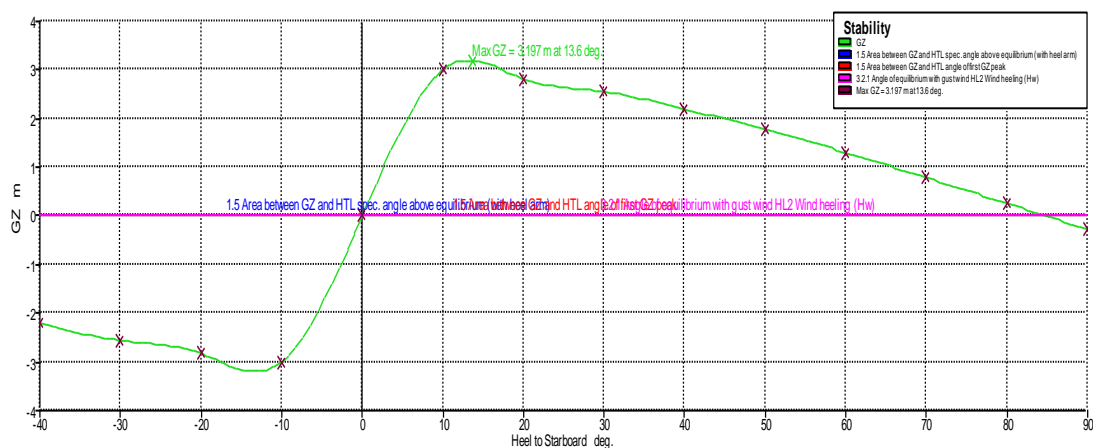
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.40. Data Berat dan Titik Berat K4-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	460	0.347	159.62	11.325	5209.5
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	700	1.076	753.2	3.3975	2378.25
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	1692	1.148	1942.416	9.06	15329.52
3	Displ		11800		12001.10		84374.856

KG : 1.017 LCG : 7.150



Gambar 8.17. Kurva stabilitas statis K4-0

Tabel 8.41. Data stabilitas statis K4-0

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.008	2.825	2.553	2.203	1.783	1.306	0.793	0.263	-0.268
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	17.1494	47.9052	74.4588	98.4072	118.3616	133.8551	144.3722	149.6568	149.6295
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.814	0.577	0.026	-0.621	-1.424	-2.495	-4.133	-7.195	-15.976	n/a
Draft at AP m	0.536	0.479	-0.095	-0.754	-1.569	-2.661	-4.303	-7.336	-15.939	n/a
WL Length m	15.527	15.757	15.789	15.811	15.830	15.863	15.917	15.978	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.809	3.627	3.535	3.321	2.913	2.450	1.952	1.434	1.388
Wetted Area m ²	52.387	42.575	40.956	40.777	41.241	41.808	41.896	41.122	40.459	39.988
Waterpl. Area m ²	24.153	19.022	16.848	16.652	16.394	15.376	15.289	16.489	17.797	19.120
Prismatic coeff. (Cp)	0.762	0.829	0.825	0.824	0.824	0.825	0.826	0.829	0.839	0.817
Block coeff. (Cb)	0.131	0.097	0.183	0.196	0.221	0.271	0.351	0.485	0.734	0.813
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.873	6.866	6.872	6.877	6.878	6.881	6.877	6.871	6.859	6.847
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.136	7.912	7.608	7.513	7.333	7.328	7.261	7.100	7.035	7.069
Max deck inclination deg	1.0376	10.0064	20.0044	30.0028	40.0018	50.0012	60.0005	70.0001	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.0376	-0.3656	-0.4537	-0.4987	-0.5441	-0.6204	-0.6385	-0.5251	0.1358	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		25.8	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		32.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.5798	Pass	+312.28
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.8468	Pass	+1947.81
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.8468	Pass	+1947.81
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_4-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

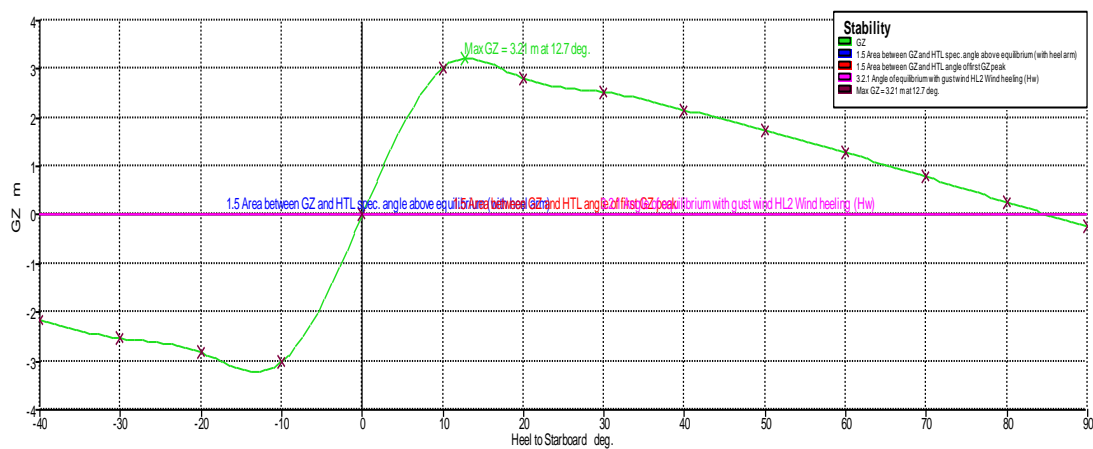
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.42. Data Berat dan Titik Berat K4-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	460	0.347	159.62	11.325	5209.5
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	700	1.076	753.2	3.3975	2378.25
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		10108		10058.68		69045.336

KG : 0.995 LCG : 6.831



Gambar 8.18. Kurva stabilitas statis K4-1

Tabel 8.43. Data stabilitas statis K4-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.024	2.821	2.532	2.169	1.749	1.283	0.786	0.270	-0.243
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0015	17.2571	48.0883	74.5085	98.1780	117.7787	132.9776	143.3419	148.6277	148.7596
Displacement t	9.220	9.220	9.220	9.221	9.220	9.220	9.220	9.220	9.220	9.220
Draft at FP m	0.578	0.273	-0.317	-0.992	-1.826	-2.956	-4.705	-7.991	-17.420	n/a
Draft at AP m	0.530	0.445	-0.126	-0.784	-1.599	-2.703	-4.359	-7.405	-16.092	n/a
WL Length m	15.365	15.534	15.536	15.536	15.533	15.523	15.496	15.448	15.332	15.709
Beam max extents on WL m	7.138	3.610	3.575	3.466	3.293	2.992	2.550	2.029	1.477	1.435
Wetted Area m ²	44.330	34.425	34.291	34.414	34.710	35.117	35.029	34.744	34.361	33.540
Waterpl. Area m ²	21.843	14.164	13.845	14.193	15.270	16.951	18.026	19.017	20.028	21.417
Prismatic coeff. (Cp)	0.770	0.730	0.736	0.734	0.732	0.732	0.729	0.719	0.712	0.687
Block coeff. (Cb)	0.143	0.161	0.163	0.173	0.194	0.232	0.296	0.403	0.604	0.661
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.242	6.229	6.222	6.217	6.212	6.210	6.205	6.198	6.191	6.187
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.732	6.841	6.895	6.930	6.949	7.078	7.205	7.231	7.330	7.521
Max deck inclination deg	0.1809	10.0197	20.0107	30.0068	40.0044	50.0027	60.0021	70.0018	80.0011	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.1809	0.6407	0.7125	0.7761	0.8457	0.9455	1.2942	2.1894	4.9498	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		37.6	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		43.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8221	Pass	+247.66
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9932	Pass	+1956.93
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9932	Pass	+1956.93
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.78

Loadcase - KONFIGURASI_4-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

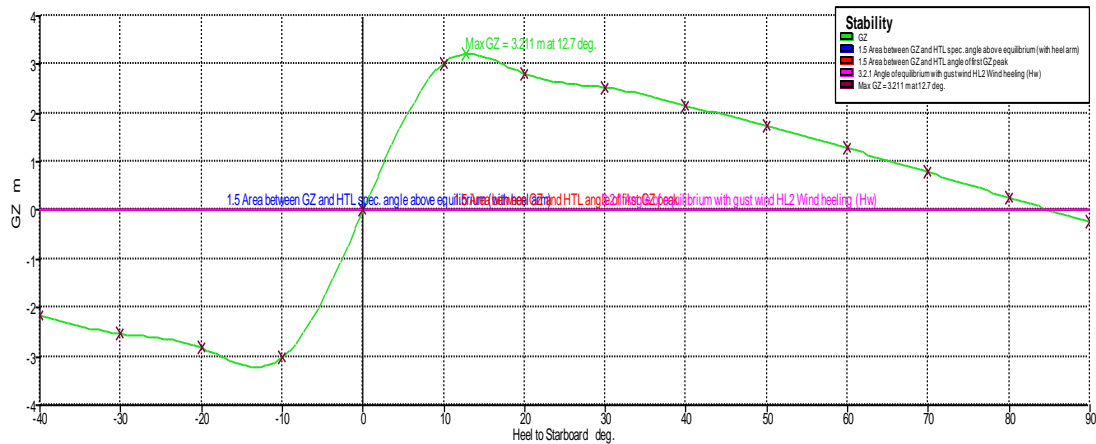
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.44. Data Berat dan Titik Berat K4-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	460	0.347	159.62	11.325	5209.5
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	574	1.076	617.624	3.3975	1950.165
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9672		9589.549		66861.876

KG : 0.991 LCG : 6.913



Gambar 8.19. Kurva stabilitas statis K4-2

Tabel 8.45. Data stabilitas statis K4-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.025	2.820	2.528	2.164	1.742	1.280	0.785	0.273	-0.239
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0015	17.2657	48.0984	74.4932	98.1168	117.6560	132.8055	143.1534	148.4493	148.6126
Displacement t	8.910	8.910	8.910	8.911	8.911	8.910	8.910	8.910	8.910	8.910
Draft at FP m	0.579	0.275	-0.314	-0.988	-1.821	-2.949	-4.697	-7.981	-17.400	n/a
Draft at AP m	0.505	0.403	-0.171	-0.833	-1.651	-2.759	-4.429	-7.502	-16.277	n/a
WL Length m	15.365	15.535	15.538	15.539	15.536	15.527	15.502	15.455	15.345	15.729
Beam max extents on WL m	7.138	3.603	3.560	3.442	3.260	2.992	2.551	2.028	1.477	1.437
Wetted Area m ²	43.537	33.686	33.598	33.731	34.022	34.415	34.352	34.188	33.869	33.075
Waterpl. Area m ²	21.731	13.865	13.612	14.002	15.124	17.188	18.455	19.278	20.212	21.524
Prismatic coeff. (Cp)	0.763	0.754	0.753	0.752	0.749	0.747	0.743	0.733	0.725	0.699
Block coeff. (Cb)	0.138	0.162	0.165	0.176	0.198	0.234	0.299	0.409	0.613	0.671
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.291	6.281	6.275	6.272	6.268	6.266	6.262	6.255	6.248	6.244
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.731	6.891	6.935	6.963	6.974	7.008	7.136	7.198	7.318	7.526
Max deck inclination deg	0.2782	10.0110	20.0060	30.0038	40.0025	50.0015	60.0013	70.0012	80.0008	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.2782	0.4793	0.5330	0.5808	0.6367	0.7128	1.0019	1.7878	4.1901	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		41.5	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		46.8	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.8336	Pass	+247.82
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.0024	Pass	+1957.51
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.0024	Pass	+1957.51
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.77

Loadcase - KONFIGURASI_4-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

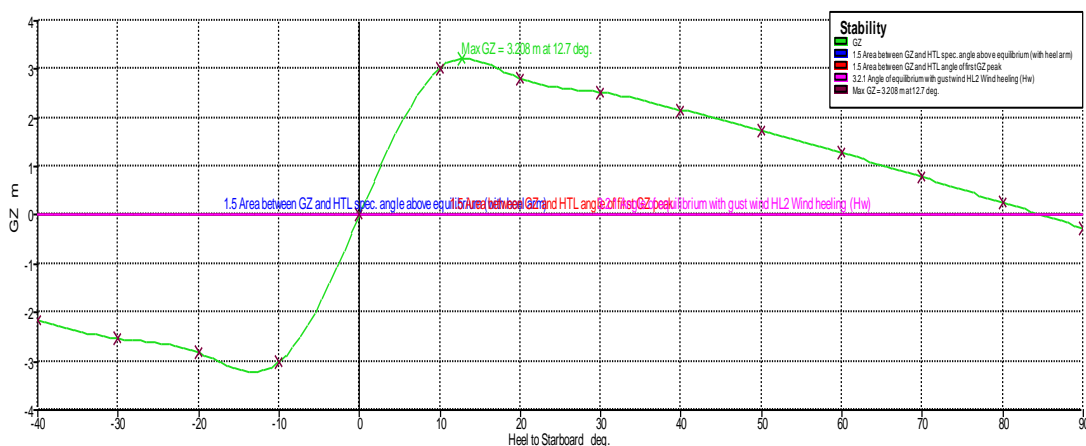
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.46. Data Berat dan Titik Berat K4-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	460	0.347	159.62	11.325	5209.5
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	322	1.076	346.472	3.3975	1093.995
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
		Berat muatan :	846	1.148	971.208	9.06	7664.76
3	Displ		9956		9956.045		71915.091

KG : 1.000 LCG : 7.223



Gambar 8.20. Kurva stabilitas statis K4-3

Tabel 8.47. Data stabilitas statis K4-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.022	2.821	2.534	2.174	1.755	1.287	0.786	0.265	-0.255
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	17.2401	48.0566	74.4904	98.1943	117.8508	133.1019	143.4847	148.7474	148.7959
Displacement t	9.820	9.820	9.819	9.820	9.820	9.821	9.820	9.820	9.820	9.820
Draft at FP m	0.698	0.447	-0.129	-0.793	-1.615	-2.731	-4.436	-7.625	-16.768	n/a
Draft at AP m	0.481	0.374	-0.205	-0.869	-1.689	-2.799	-4.475	-7.560	-16.363	n/a
WL Length m	15.449	15.661	15.673	15.682	15.687	15.687	15.690	15.706	15.780	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.608	3.576	3.464	3.279	2.987	2.499	1.988	1.458	1.429
Wetted Area m ²	46.685	36.243	36.053	36.172	36.488	36.919	36.726	36.467	36.278	35.826
Waterpl. Area m ²	22.655	14.981	14.523	14.817	15.863	17.303	17.875	18.670	19.547	20.779
Prismatic coeff. (Cp)	0.751	0.816	0.817	0.817	0.818	0.820	0.827	0.823	0.798	0.770
Block coeff. (Cb)	0.127	0.172	0.179	0.191	0.214	0.257	0.339	0.466	0.681	0.743
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.683	6.678	6.681	6.683	6.683	6.681	6.677	6.669	6.658	6.650
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.938	7.246	7.238	7.241	7.226	7.153	7.128	7.131	7.217	7.371
Max deck inclination deg	0.8127	10.0037	20.0017	30.0009	40.0005	50.0002	60.0000	70.0000	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.8127	-0.2758	-0.2807	-0.2830	-0.2771	-0.2546	-0.1462	0.2431	1.5137	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		39.7	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		45.7	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.7986	Pass	+247.35
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9741	Pass	+1955.74
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9741	Pass	+1955.74
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.80

Loadcase - KONFIGURASI_4-4

Damage Case - Intact

Free to Trim

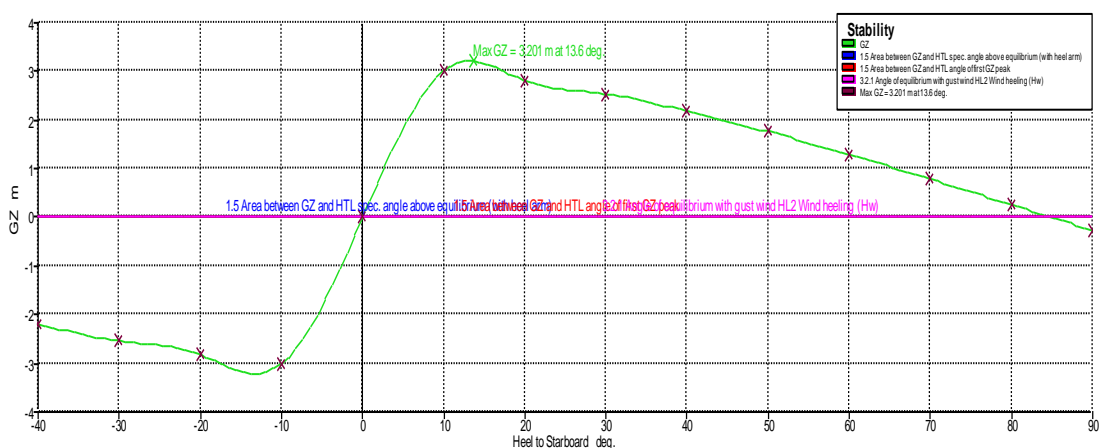
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.48. Data Berat dan Titik Berat K4-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	460	0.347	159.62	11.325	5209.5
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	196	1.076	210.896	3.3975	665.91
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
		Berat muatan :	1692	1.148	1942.416	9.06	15329.52
3	Displ		10241		10323.61		76688.5785

KG : 1.008 LCG : 7.488



Gambar 8.21. Kurva stabilitas statis K4-4

Tabel 8.49. Data stabilitas statis K4-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.014	2.821	2.540	2.184	1.764	1.294	0.789	0.265	-0.261
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	17.1924	47.9677	74.4339	98.2186	117.9767	133.3121	143.7499	149.0311	149.0533
Displacement t	10.53	10.54	10.54	10.53	10.54	10.54	10.54	10.54	10.54	10.53
Draft at FP m	0.816	0.585	0.035	-0.611	-1.416	-2.496	-4.134	-7.198	-15.972	n/a
Draft at AP m	0.437	0.325	-0.265	-0.937	-1.764	-2.885	-4.584	-7.717	-16.657	n/a
WL Length m	15.532	15.768	15.802	15.824	15.842	15.870	15.925	15.979	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.657	3.617	3.522	3.319	2.990	2.531	1.999	1.455	1.426
Wetted Area m ²	49.209	39.301	38.243	38.130	38.425	38.868	38.739	38.358	38.126	37.842
Waterpl. Area m ²	23.560	17.258	15.810	15.809	16.424	16.843	17.241	17.975	18.691	19.678
Prismatic coeff. (Cp)	0.741	0.807	0.805	0.806	0.806	0.804	0.805	0.812	0.830	0.850
Block coeff. (Cb)	0.117	0.088	0.164	0.178	0.210	0.255	0.330	0.461	0.710	0.786
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.092	7.092	7.103	7.112	7.117	7.120	7.121	7.113	7.101	7.089
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.137	8.108	7.781	7.658	7.484	7.138	6.983	6.954	6.980	7.073
Max deck inclination deg	1.4150	10.0452	20.0265	30.0168	40.0103	50.0064	60.0036	70.0014	80.0003	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.4150	-0.9713	-1.1194	-1.2176	-1.3002	-1.4540	-1.6808	-1.9375	-2.5601	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		28.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		34.7	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	28.6424	Pass	+313.18
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9041	Pass	+1951.38
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9041	Pass	+1951.38
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_4-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

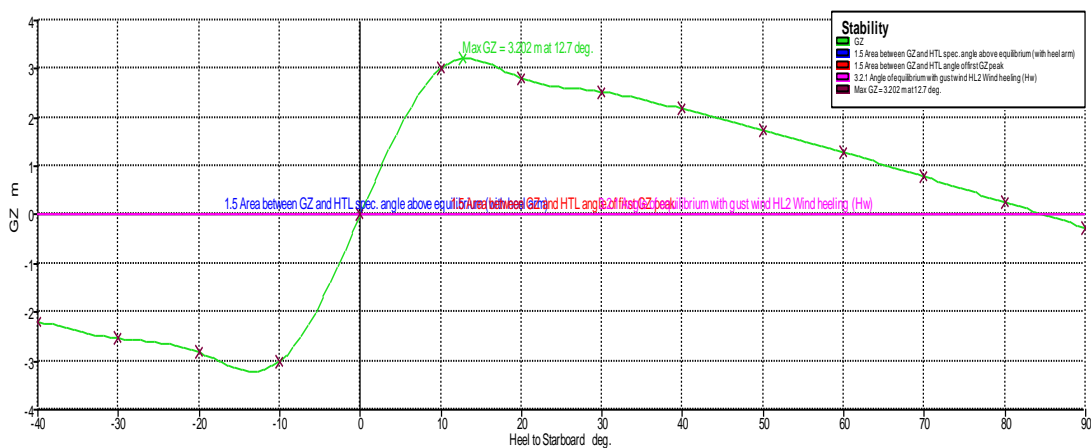
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.50. Data Berat dan Titik Berat K4-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	460	0.347	159.62	11.325	5209.5
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.2	151.2	4.53	570.78
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	11.325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	70	1.076	75.32	3.3975	237.825
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	1692	1.148	1942.416	9.06	15329.52
3	Displ		9775		9822.201		74335.2435

KG : 1.005 LCG : 7.605



Gambar 8.22. Kurva stabilitas statis K4-5

Tabel 8.51. Data stabilitas statis K4-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.016	2.820	2.536	2.177	1.758	1.290	0.788	0.266	-0.258
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	17.2017	47.9771	74.4126	98.1443	117.8350	133.1145	143.5266	148.8083	148.8504
Displacement t	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13
Draft at FP m	0.815	0.587	0.036	-0.610	-1.416	-2.501	-4.143	-7.208	-15.987	n/a
Draft at AP m	0.406	0.273	-0.321	-0.997	-1.827	-2.949	-4.661	-7.826	-16.869	n/a
WL Length m	15.532	15.771	15.805	15.828	15.845	15.869	15.921	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.656	3.613	3.517	3.320	2.990	2.553	2.013	1.461	1.434
Wetted Area m ²	48.167	38.290	37.334	37.237	37.495	37.892	37.824	37.583	37.410	37.165
Waterpl. Area m ²	23.396	16.794	15.502	15.568	16.328	17.107	17.767	18.310	18.924	19.815
Prismatic coeff. (Cp)	0.733	0.799	0.797	0.798	0.798	0.797	0.798	0.806	0.825	0.845
Block coeff. (Cb)	0.113	0.085	0.158	0.172	0.202	0.252	0.323	0.453	0.701	0.764
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.167	7.169	7.182	7.192	7.198	7.200	7.201	7.194	7.182	7.169
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.130	8.153	7.824	7.690	7.522	7.149	6.941	6.938	6.978	7.088
Max deck inclination deg	1.5264	10.0658	20.0377	30.0237	40.0144	50.0085	60.0047	70.0020	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5264	-1.1724	-1.3356	-1.4463	-1.5353	-1.6771	-1.9344	-2.3107	-3.2938	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		28.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		35.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.7444	Pass	+246.62
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.9138	Pass	+1951.99
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.9138	Pass	+1951.99
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.52. Resume data stabilitas K4

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7558	700	1250	600	1692	11800	7.150	1.017	0,694
1	Bkt dari pelabuhan	7558	700	1250	600	0	10108	6.831	0.995	0,594
2	Menuju fishingground	7558	574	1000	540	0	9672	6.913	0.991	0,569
3	Menangkap ikan di FG	7558	322	750	480	846	9956	7.223	1.000	0,586
4	Meninggalkan FG	7558	196	375	420	1692	10241	7.488	1.008	0,602
5	Tiba di pelabuhan	7558	70	125	330	1692	9775	7.605	1.005	0,575

5. Loadcase - KONFIGURASI_5-0 (Konfigurasi kapal ikan katamaran penggerak Mesin-Layar)

Damage Case - Intact

Free to Trim

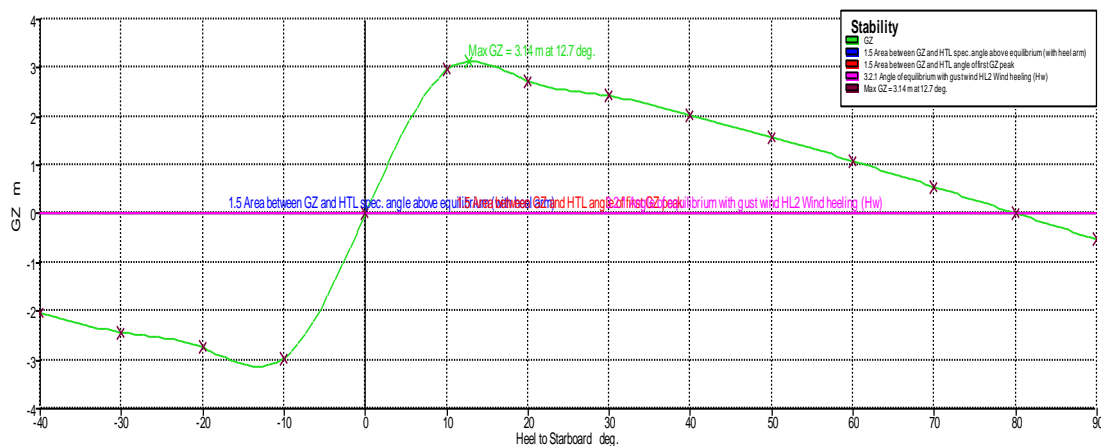
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.53. Data Berat dan Titik Berat K5-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.347	92.996	11.325	3035.1
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	407	1.076	437.932	3.3975	1382.7825
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	2205	1.148	2531.34	9.06	19977.3
3	Displ		11800		15189.58		82583.014

KG : 1.287 LCG : 6.999



Gambar 8.23. Kurva stabilitas statis K5-0

Tabel 8.54. Data stabilitas statis K5-0

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.963	2.740	2.428	2.043	1.592	1.091	0.560	0.019	-0.515
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0011	16.9214	47.0218	72.5235	95.0435	113.2380	126.6977	134.9709	137.8682	135.3821
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.838	0.600	0.056	-0.586	-1.382	-2.443	-4.063	-7.094	-15.784	n/a
Draft at AP m	0.515	0.455	-0.125	-0.788	-1.607	-2.709	-4.366	-7.421	-16.100	n/a
WL Length m	15.545	15.775	15.813	15.838	15.863	15.905	15.973	15.978	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.853	3.632	3.543	3.318	2.938	2.468	1.962	1.438	1.386
Wetted Area m ²	52.519	42.956	41.092	40.856	41.345	41.884	41.934	41.176	40.576	40.142
Waterpl. Area m ²	24.271	19.405	17.033	16.772	16.390	15.456	15.377	16.535	17.750	19.011
Prismatic coeff. (Cp)	0.758	0.827	0.823	0.821	0.820	0.820	0.820	0.825	0.838	0.852
Block coeff. (Cb)	0.127	0.094	0.178	0.193	0.221	0.268	0.346	0.480	0.730	0.844
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.975	6.967	6.974	6.981	6.984	6.989	6.986	6.980	6.969	6.954
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.179	8.110	7.745	7.620	7.357	7.269	7.168	7.011	6.974	7.015
Max deck inclination deg	1.2064	10.0141	20.0097	30.0064	40.0043	50.0030	60.0016	70.0006	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.2064	-0.5427	-0.6757	-0.7526	-0.8391	-0.9948	-1.1328	-1.2234	-1.1815	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		24.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		30.7	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3072	Pass	+240.73
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3414	Pass	+1916.30
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3414	Pass	+1916.30
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_5-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

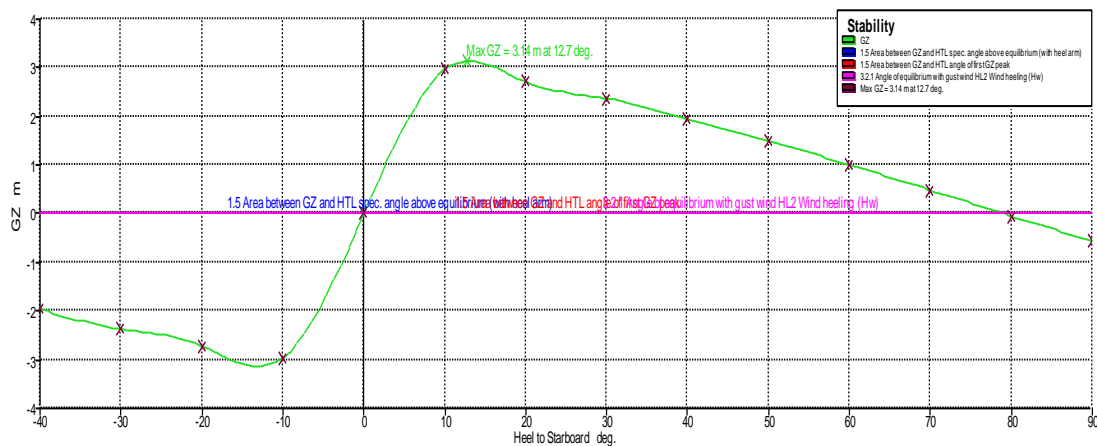
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.55. Data Berat dan Titik Berat K5-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.347	92.996	11.325	3035.1
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	407	1.076	437.932	3.3975	1382.7825
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9595		12658.24		62605.714

KG : 1.319 LCG : 6.525



Gambar 8.24. Kurva stabilitas statis K5-1

Tabel 8.56. Data stabilitas statis K5-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.969	2.712	2.373	1.965	1.506	1.009	0.489	-0.042	-0.561
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0014	16.9819	46.9942	72.0745	93.9240	111.2825	123.8910	131.3943	133.6269	130.6042
Displacement t	9.260	9.260	9.260	9.261	9.261	9.260	9.260	9.260	9.260	9.260
Draft at FP m	0.612	0.322	-0.265	-0.937	-1.767	-2.893	-4.632	-7.893	-17.246	n/a
Draft at AP m	0.507	0.410	-0.164	-0.825	-1.643	-2.750	-4.416	-7.482	-16.232	n/a
WL Length m	15.388	15.568	15.573	15.575	15.574	15.567	15.546	15.513	15.446	15.837
Beam max extents on WL m	7.138	3.604	3.562	3.446	3.265	2.994	2.538	2.018	1.472	1.440
Wetted Area m ²	44.671	34.611	34.504	34.636	34.940	35.354	35.219	34.983	34.744	33.890
Waterpl. Area m ²	22.015	14.215	13.910	14.264	15.355	17.268	18.207	19.054	20.067	21.706
Prismatic coeff. (Cp)	0.761	0.774	0.774	0.772	0.770	0.768	0.762	0.750	0.739	0.710
Block coeff. (Cb)	0.136	0.167	0.170	0.181	0.203	0.241	0.309	0.421	0.627	0.680
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.384	6.371	6.367	6.364	6.362	6.361	6.356	6.348	6.340	6.335
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.789	6.945	6.989	7.017	7.028	7.090	7.172	7.200	7.331	7.616
Max deck inclination deg	0.3928	10.0053	20.0030	30.0020	40.0013	50.0009	60.0008	70.0009	80.0007	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.3928	0.3310	0.3769	0.4179	0.4641	0.5331	0.8056	1.5331	3.7844	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		40.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		46.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3770	Pass	+241.67
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3757	Pass	+1918.43
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3757	Pass	+1918.43
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.78

Loadcase - KONFIGURASI_5-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

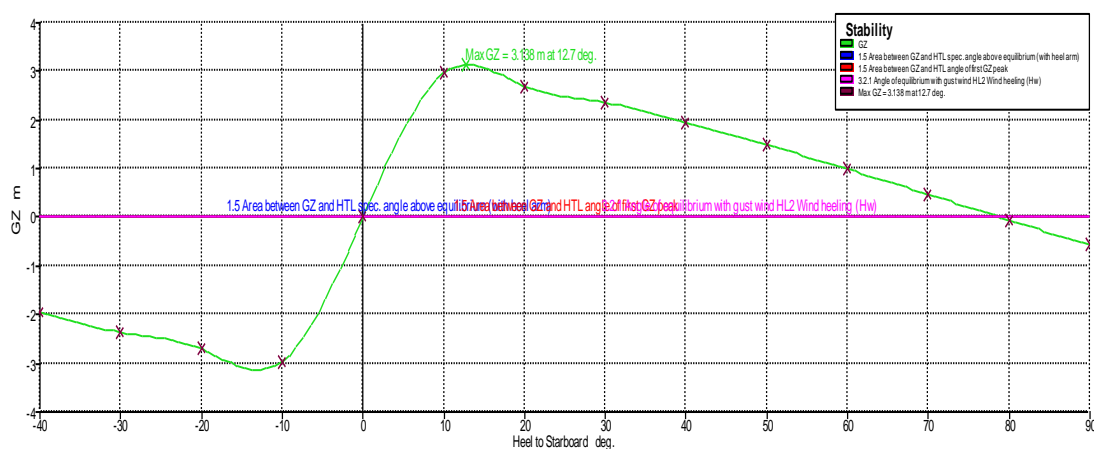
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.57. Data Berat dan Titik Berat K5-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.347	92.996	11.325	3035.1
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	334	1.076	359.384	3.3975	1134.765
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9212		12246.14		60602.322

KG : 1.329 LCG : 6.579



Gambar 8.25. Kurva stabilitas statis K5-2

Tabel 8.58. Data stabilitas statis K5-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.968	2.707	2.363	1.951	1.489	0.995	0.476	-0.053	-0.571
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0014	16.9781	46.9566	71.9558	93.6852	110.8894	123.3399	130.7066	132.8202	129.6961
Displacement t	8.950	8.950	8.950	8.951	8.951	8.950	8.950	8.950	8.950	8.950
Draft at FP m	0.610	0.320	-0.267	-0.938	-1.768	-2.894	-4.632	-7.893	-17.246	n/a
Draft at AP m	0.483	0.372	-0.206	-0.869	-1.689	-2.800	-4.478	-7.569	-16.398	n/a
WL Length m	15.387	15.566	15.572	15.574	15.573	15.566	15.546	15.513	15.446	15.843
Beam max extents on WL m	7.138	3.597	3.548	3.424	3.235	2.994	2.540	2.019	1.472	1.436
Wetted Area m ²	43.862	33.872	33.799	33.940	34.233	34.635	34.555	34.419	34.219	33.394
Waterpl. Area m ²	21.894	13.922	13.677	14.074	15.209	17.436	18.590	19.294	20.238	21.784
Prismatic coeff. (Cp)	0.755	0.791	0.789	0.787	0.785	0.782	0.776	0.763	0.751	0.721
Block coeff. (Cb)	0.132	0.169	0.172	0.184	0.206	0.242	0.311	0.425	0.635	0.692
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.425	6.413	6.410	6.408	6.406	6.405	6.400	6.393	6.385	6.380
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.783	6.983	7.019	7.040	7.043	7.025	7.118	7.176	7.322	7.614
Max deck inclination deg	0.4722	10.0019	20.0011	30.0007	40.0005	50.0004	60.0004	70.0005	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.4722	0.1966	0.2280	0.2566	0.2931	0.3517	0.5776	1.2138	3.1677	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		44.4	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		49.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3685	Pass	+241.56
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3573	Pass	+1917.29
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3573	Pass	+1917.29
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.77

Loadcase - KONFIGURASI_5-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

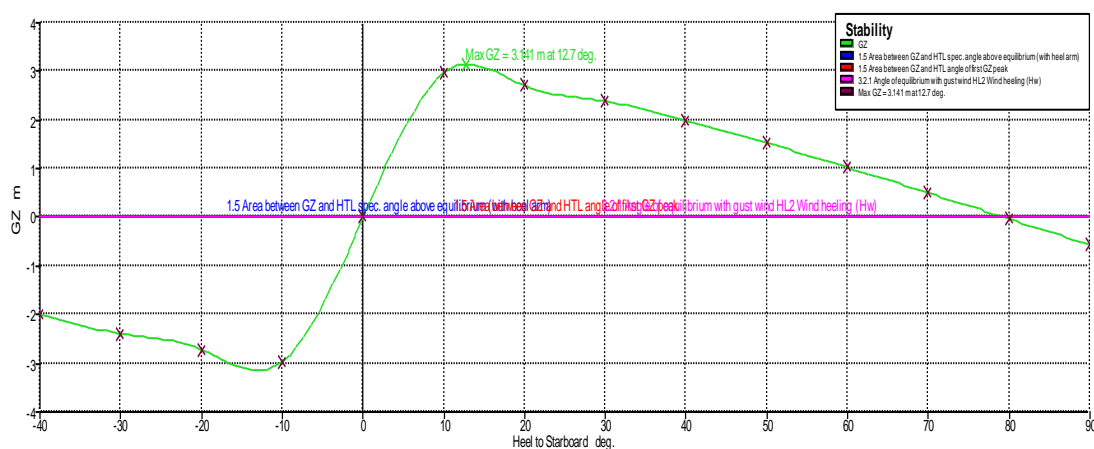
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.59. Data Berat dan Titik Berat K5-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.347	92.996	11.325	3035.1
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	188	1.076	202.288	3.3975	638.73
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
		Berat muatan :	1103	1.148	1266.244	9.06	9993.18
3	Displ		9859		13021.72		68344.092

KG : 1.321 LCG : 6.932



Gambar 8.26. Kurva stabilitas statis K5-3

Tabel 8.60. Data stabilitas statis K5-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.969	2.719	2.385	1.982	1.527	1.029	0.506	-0.028	-0.554
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0011	16.9766	47.0180	72.1924	94.1905	111.7440	124.5600	132.2516	134.6435	131.7281
Displacement t	9.870	9.870	9.870	9.870	9.870	9.871	9.870	9.870	9.870	9.870
Draft at FP m	0.731	0.491	-0.080	-0.740	-1.558	-2.668	-4.357	-7.516	-16.570	n/a
Draft at AP m	0.457	0.340	-0.242	-0.910	-1.732	-2.846	-4.532	-7.639	-16.511	n/a
WL Length m	15.472	15.695	15.712	15.724	15.731	15.736	15.751	15.790	15.932	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.615	3.587	3.480	3.298	2.993	2.516	1.990	1.452	1.428
Wetted Area m ²	47.022	36.691	36.317	36.399	36.695	37.124	36.945	36.711	36.534	36.155
Waterpl. Area m ²	22.845	15.391	14.691	14.954	15.992	17.343	17.932	18.626	19.403	20.492
Prismatic coeff. (Cp)	0.745	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.818	0.830	0.833	0.809
Block coeff. (Cb)	0.122	0.166	0.171	0.189	0.212	0.255	0.334	0.469	0.711	0.780
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.826	6.820	6.826	6.830	6.831	6.831	6.827	6.817	6.806	6.796
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.993	7.510	7.375	7.350	7.313	7.133	7.077	7.084	7.151	7.280
Max deck inclination deg	1.0251	10.0153	20.0078	30.0046	40.0026	50.0013	60.0005	70.0001	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.0251	-0.5655	-0.6064	-0.6351	-0.6512	-0.6662	-0.6565	-0.4599	0.2193	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		36.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		43.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3734	Pass	+241.62
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3855	Pass	+1919.04
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3855	Pass	+1919.04
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.80

Loadcase - KONFIGURASI_5-4

Damage Case - Intact

Free to Trim

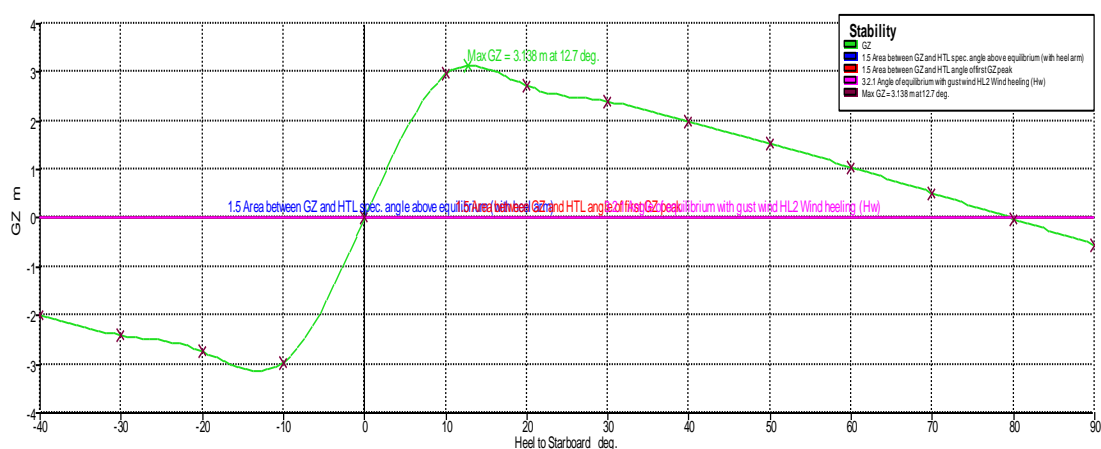
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.61. Data Berat dan Titik Berat K5-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.347	92.996	11.325	3035.1
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	115	1.076	123.74	3.3975	390.7125
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
		Berat muatan :	2205	1.148	2531.34	9.06	19977.3
3	Displ		10453		13740.21		75617.007

KG : 1.314 LCG : 7.234



Gambar 8.27. Kurva stabilitas statis K5-4

Tabel 8.62. Data stabilitas statis K5-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.964	2.726	2.402	2.007	1.553	1.055	0.529	-0.007	-0.538
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	16.9377	46.9825	72.2810	94.4868	112.2977	125.3741	133.3102	135.9206	133.1871
Displacement t	10.62	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.62
Draft at FP m	0.835	0.603	0.058	-0.584	-1.385	-2.457	-4.084	-7.125	-15.834	n/a
Draft at AP m	0.428	0.316	-0.277	-0.951	-1.780	-2.903	-4.607	-7.751	-16.722	n/a
WL Length m	15.546	15.783	15.821	15.846	15.867	15.901	15.965	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.745	3.622	3.529	3.315	2.994	2.538	2.003	1.457	1.428
Wetted Area m ²	49.541	39.796	38.532	38.376	38.695	39.123	39.014	38.621	38.385	38.114
Waterpl. Area m ²	23.703	17.671	16.026	15.969	16.401	16.751	17.144	17.865	18.579	19.542
Prismatic coeff. (Cp)	0.737	0.806	0.802	0.802	0.802	0.801	0.801	0.809	0.826	0.847
Block coeff. (Cb)	0.116	0.087	0.162	0.176	0.207	0.254	0.328	0.459	0.707	0.772
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.163	7.161	7.175	7.184	7.190	7.193	7.193	7.185	7.172	7.158
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.169	8.246	7.874	7.730	7.500	7.125	6.946	6.918	6.947	7.038
Max deck inclination deg	1.5212	10.0553	20.0333	30.0214	40.0133	50.0084	60.0048	70.0020	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5212	-1.0753	-1.2550	-1.3730	-1.4778	-1.6677	-1.9563	-2.3381	-3.3129	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		26.4	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		32.9	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3230	Pass	+240.94
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3404	Pass	+1916.23
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3404	Pass	+1916.23
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_5-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

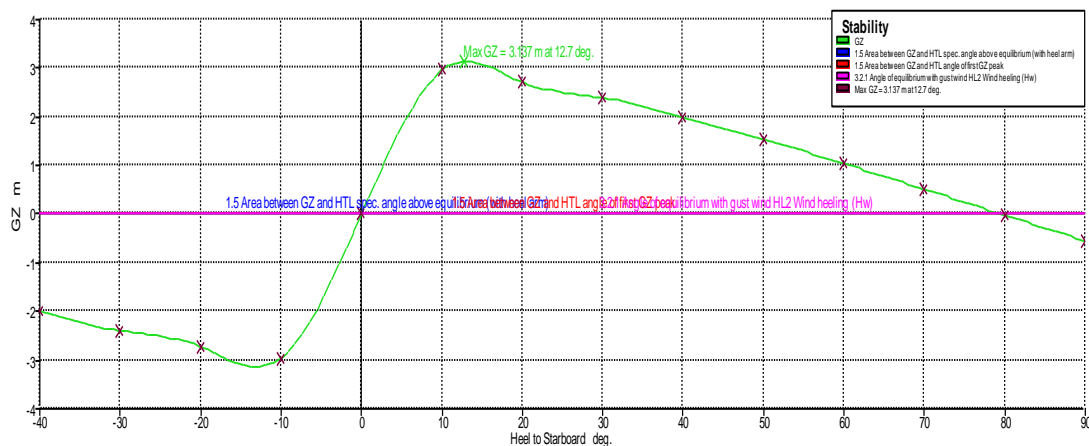
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.63. Data Berat dan Titik Berat K5-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.347	92.996	11.325	3035.1
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	42	1.076	45.192	3.3975	142.695
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	2205	1.148	2531.34	9.06	19977.3
3	Displ		10040		13295.82		73443.739

KG : 1.324 LCG : 7.315



Tabel 8.64. Data stabilitas statis K5-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	2.964	2.721	2.393	1.994	1.539	1.042	0.519	-0.017	-0.546
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	16.9381	46.9573	72.1845	94.2834	111.9615	124.9031	132.7216	135.2319	132.4131
Displacement t	10.25	10.25	10.25	10.25	10.25	10.25	10.24	10.24	10.25	10.24
Draft at FP m	0.833	0.604	0.058	-0.584	-1.387	-2.464	-4.096	-7.141	-15.859	n/a
Draft at AP m	0.400	0.268	-0.329	-1.006	-1.837	-2.961	-4.675	-7.846	-16.909	n/a
WL Length m	15.546	15.785	15.823	15.848	15.868	15.898	15.959	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.742	3.618	3.524	3.311	2.988	2.557	2.015	1.462	1.435
Wetted Area m ²	48.573	38.820	37.687	37.546	37.824	38.211	38.160	37.889	37.711	37.475
Waterpl. Area m ²	23.546	17.202	15.733	15.742	16.333	16.992	17.625	18.182	18.799	19.676
Prismatic coeff. (Cp)	0.729	0.799	0.795	0.795	0.795	0.794	0.795	0.804	0.822	0.843
Block coeff. (Cb)	0.112	0.084	0.157	0.170	0.200	0.252	0.322	0.452	0.699	0.753
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.229	7.229	7.244	7.255	7.261	7.263	7.263	7.254	7.243	7.229
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.160	8.278	7.910	7.755	7.536	7.138	6.912	6.909	6.949	7.055
Max deck inclination deg	1.6190	10.0753	20.0442	30.0281	40.0173	50.0104	60.0059	70.0026	80.0007	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.6190	-1.2549	-1.4463	-1.5741	-1.6813	-1.8562	-2.1642	-2.6338	-3.9197	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		27.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		33.7	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3208	Pass	+240.91
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3305	Pass	+1915.62
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3305	Pass	+1915.62
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.65. Resume data stabilitas K5

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7338	407	1250	600	2205	11800	6.999	1.287	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7338	407	1250	600	0	9595	6.525	1.319	0.564
2	Menuju fishingground	7338	334	1000	540	0	9212	6.579	1.329	0.542
3	Menangkap ikan di FG	7338	188	750	480	1103	9859	6.932	1.321	0.580
4	Meninggalkan FG	7338	115	375	420	2205	10453	7.234	1.314	0.615
5	Tiba di pelabuhan	7338	42	125	330	2205	10040	7.315	1.324	0.590

6. Loadcase - KONFIGURASI_6-0 (Kapal ikan katamaran penggerak Panel

Surya-Layar)

Damage Case - Intact

Free to Trim

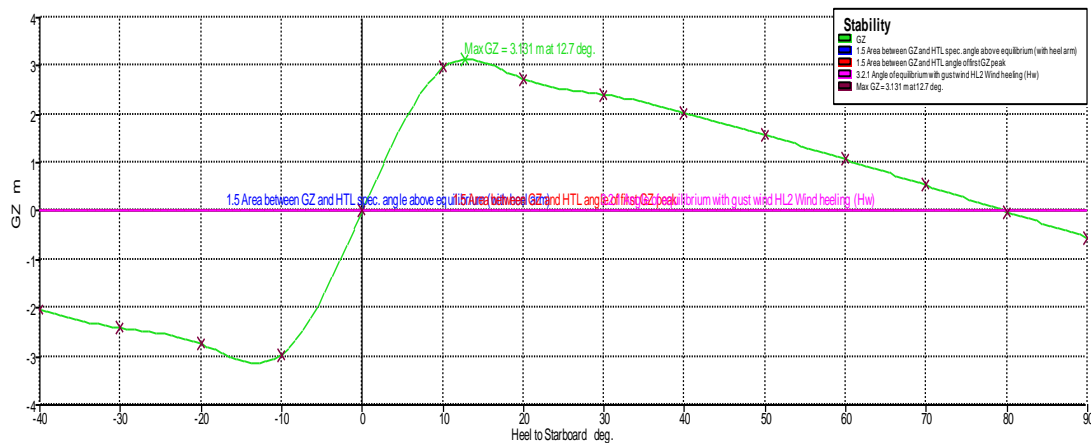
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.66. Data Berat dan Titik Berat K6-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	34	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	2474	1.148	2840.152	9.06	22414.44
3	Displ		11530		15188.217		84740.427

KG : 1.317 LCG : 7.350



Gambar 8.29. Kurva stabilitas statis K6-0

Tabel 8.67. Data stabilitas statis K6-0

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.954	2.730	2.415	2.026	1.572	1.070	0.538	-0.003	-0.538
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	16.8739	46.8807	72.2717	94.6415	112.6508	125.9050	133.9627	136.6377	133.9238
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.872	0.631	0.098	-0.537	-1.321	-2.364	-3.954	-6.939	-15.492	n/a
Draft at AP m	0.484	0.419	-0.169	-0.837	-1.663	-2.779	-4.458	-7.549	-16.340	n/a
WL Length m	15.572	15.800	15.848	15.879	15.913	15.970	15.980	15.979	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.864	3.639	3.548	3.321	2.976	2.495	1.978	1.445	1.406
Wetted Area m ²	52.702	43.490	41.278	41.007	41.510	42.017	41.999	41.322	40.775	40.387
Waterpl. Area m ²	24.452	19.952	17.312	16.881	16.271	15.561	15.508	16.539	17.664	18.840
Prismatic coeff. (Cp)	0.749	0.822	0.816	0.815	0.813	0.812	0.814	0.818	0.830	0.849
Block coeff. (Cb)	0.122	0.092	0.172	0.186	0.217	0.262	0.340	0.472	0.720	0.795
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.123	7.116	7.128	7.138	7.144	7.150	7.152	7.145	7.132	7.117
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.240	8.370	7.940	7.754	7.384	7.166	7.015	6.892	6.890	6.940
Max deck inclination deg	1.4492	10.0302	20.0210	30.0143	40.0100	50.0073	60.0045	70.0019	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.4492	-0.7942	-0.9969	-1.1234	-1.2799	-1.5525	-1.8828	-2.2770	-3.1681	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		21.5	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		28	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2354	Pass	+239.76
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2489	Pass	+1910.53
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2489	Pass	+1910.53
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_6-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

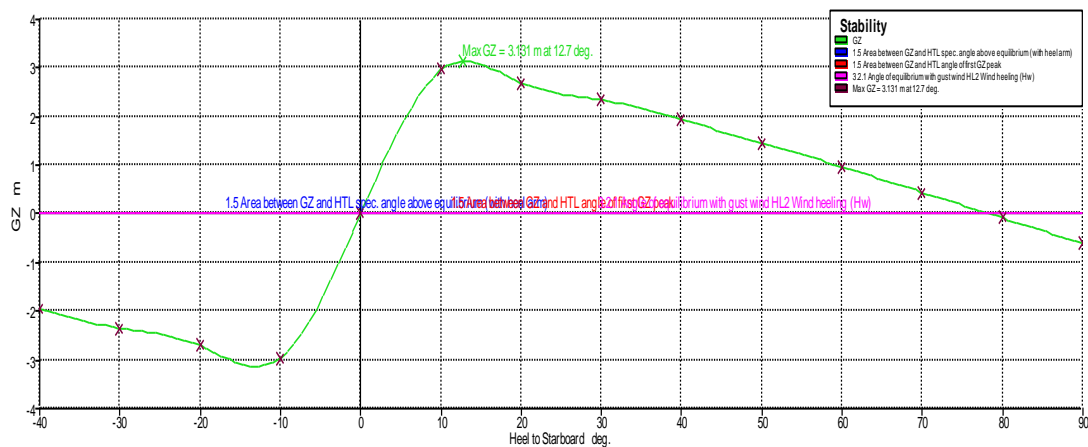
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.66. Data Berat dan Titik Berat K6-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	34	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
		Berat konsumabel :			0		0
2	DWT	Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9056		12348.065		62325.987

KG : 1.364 LCG : 6.882



Gambar 8.29. Kurva stabilitas statis K6-1

Tabel 8.67. Data stabilitas statis K6-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.963	2.697	2.349	1.933	1.468	0.971	0.450	-0.080	-0.600
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0013	16.9524	46.8578	71.7401	93.3123	110.3236	122.5517	129.6707	131.5157	128.1066
Displacement t	9.005	9.005	9.005	9.005	9.005	9.005	9.005	9.005	9.005	9.005
Draft at FP m	0.629	0.347	-0.237	-0.906	-1.734	-2.859	-4.592	-7.839	-17.150	n/a
Draft at AP m	0.473	0.356	-0.223	-0.889	-1.710	-2.820	-4.502	-7.601	-16.457	n/a
WL Length m	15.400	15.586	15.593	15.598	15.598	15.591	15.575	15.550	15.510	15.911
Beam max extents on WL m	7.138	3.595	3.542	3.416	3.222	2.990	2.530	2.012	1.470	1.436
Wetted Area m ²	44.135	34.058	33.989	34.132	34.428	34.832	34.738	34.625	34.477	33.689
Waterpl. Area m ²	22.005	13.991	13.745	14.139	15.278	17.533	18.608	19.280	20.223	21.825
Prismatic coeff. (Cp)	0.752	0.814	0.811	0.810	0.808	0.804	0.796	0.782	0.767	0.734
Block coeff. (Cb)	0.129	0.172	0.176	0.189	0.212	0.248	0.319	0.435	0.648	0.705
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.502	6.491	6.489	6.491	6.489	6.486	6.482	6.474	6.465	6.459
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.815	7.037	7.070	7.087	7.084	7.053	7.104	7.165	7.320	7.638
Max deck inclination deg	0.5816	10.0001	20.0001	30.0000	40.0001	50.0001	60.0001	70.0003	80.0003	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.5816	0.0330	0.0520	0.0654	0.0926	0.1472	0.3367	0.8872	2.5908	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		45.7	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		50.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3274	Pass	+241.00
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3016	Pass	+1913.82
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3016	Pass	+1913.82
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.77

Loadcase - KONFIGURASI_6-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

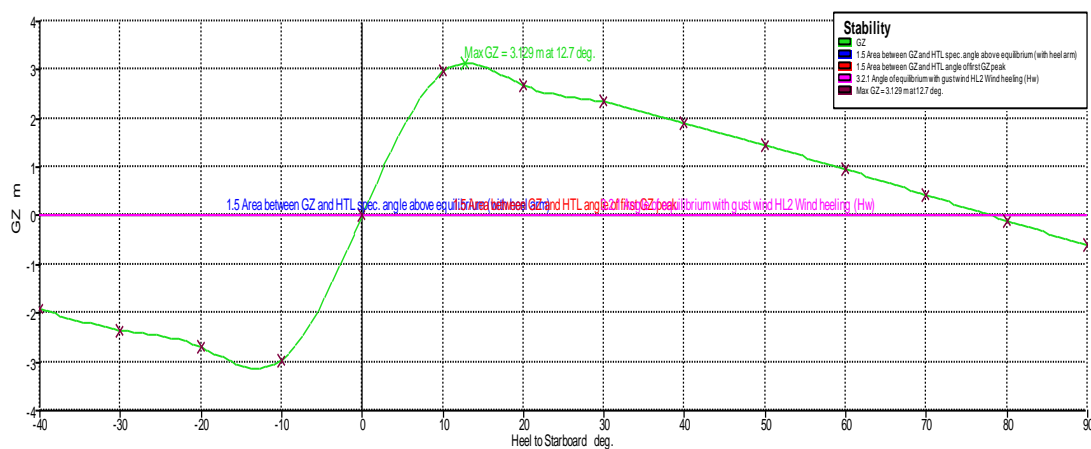
Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.68. Data Berat dan Titik Berat K6-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	34	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9016		12305.025		62099.487

KG : 1.365

LCG : 6.888



Gambar 8.30. Kurva stabilitas statis K6-2

Tabel 8.69. Data stabilitas statis K6-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.962	2.691	2.339	1.920	1.452	0.956	0.437	-0.091	-0.609
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0013	16.9472	46.8169	71.6179	93.0713	109.9303	122.0002	128.9808	130.7062	127.1970
Displacement t	8.695	8.695	8.695	8.695	8.695	8.696	8.695	8.695	8.695	8.695
Draft at FP m	0.624	0.341	-0.243	-0.912	-1.741	-2.866	-4.600	-7.850	-17.168	n/a
Draft at AP m	0.452	0.320	-0.262	-0.930	-1.752	-2.864	-4.555	-7.677	-16.605	n/a
WL Length m	15.397	15.582	15.589	15.594	15.594	15.587	15.569	15.543	15.498	15.905
Beam max extents on WL m	7.138	3.592	3.533	3.408	3.212	2.960	2.534	2.014	1.470	1.438
Wetted Area m ²	43.304	33.313	33.268	33.416	33.698	34.065	34.103	34.059	33.902	33.130
Waterpl. Area m ²	21.878	13.712	13.518	13.959	15.141	17.451	18.927	19.491	20.340	21.934
Prismatic coeff. (Cp)	0.746	0.814	0.814	0.815	0.816	0.818	0.809	0.794	0.779	0.745
Block coeff. (Cb)	0.126	0.171	0.176	0.189	0.213	0.251	0.320	0.438	0.654	0.714
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.534	6.523	6.523	6.525	6.524	6.521	6.516	6.508	6.499	6.493
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.802	7.063	7.088	7.098	7.088	7.048	7.066	7.149	7.301	7.650
Max deck inclination deg	0.6409	10.0003	20.0001	30.0000	40.0000	50.0000	60.0000	70.0002	80.0002	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.6409	-0.0782	-0.0703	-0.0651	-0.0435	0.0091	0.1701	0.6447	2.1054	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		48.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		52.6	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3169	Pass	+240.86
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2804	Pass	+1912.50
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2804	Pass	+1912.50
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.75

Loadcase - KONFIGURASI_6-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

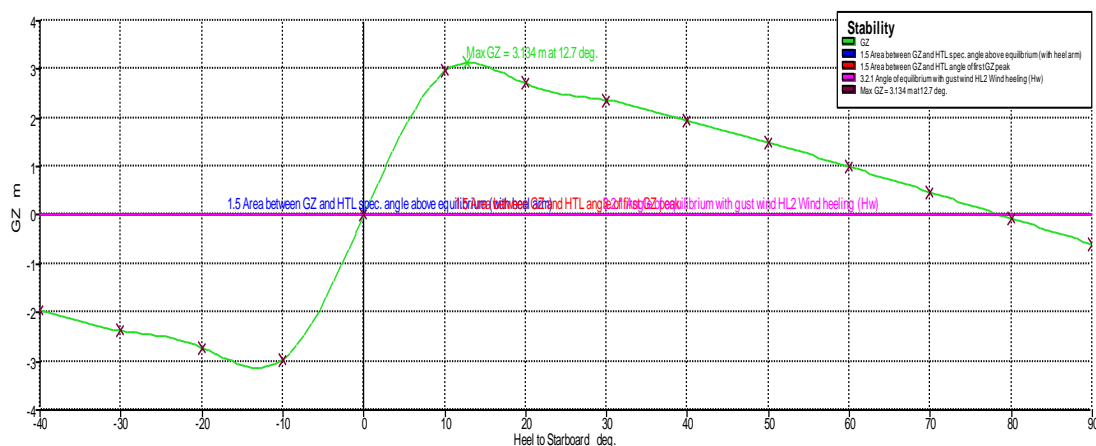
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.70. Data Berat dan Titik Berat K6-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	34	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
		Berat muatan :	1237	1.148	1420.076	9.06	11207.22
3	Displ		9943		13391.541		71551.332

KG : 1.347 LCG : 7.196



Gambar 8.31. Kurva stabilitas statis K6-3

Tabel 8.71. Data stabilitas statis K6-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.964	2.708	2.369	1.962	1.502	1.003	0.478	-0.056	-0.583
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	16.9489	46.9078	71.9459	93.7588	111.0822	123.6382	131.0560	133.1638	129.9583
Displacement t	9.783	9.784	9.783	9.783	9.784	9.784	9.783	9.783	9.783	9.783
Draft at FP m	0.751	0.516	-0.051	-0.708	-1.524	-2.630	-4.310	-7.450	-16.445	n/a
Draft at AP m	0.434	0.305	-0.282	-0.952	-1.777	-2.893	-4.589	-7.721	-16.667	n/a
WL Length m	15.486	15.715	15.736	15.750	15.759	15.766	15.788	15.843	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.618	3.593	3.487	3.308	2.992	2.533	2.000	1.455	1.428
Wetted Area m^2	46.922	36.690	36.234	36.278	36.556	36.963	36.824	36.644	36.482	36.156
Waterpl. Area m^2	22.916	15.488	14.762	15.001	16.050	17.396	18.089	18.696	19.372	20.371
Prismatic coeff. (Cp)	0.739	0.807	0.806	0.806	0.806	0.806	0.811	0.823	0.835	0.843
Block coeff. (Cb)	0.118	0.161	0.165	0.182	0.210	0.253	0.329	0.462	0.709	0.812
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.932	6.928	6.937	6.943	6.945	6.945	6.941	6.931	6.919	6.908
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.023	7.650	7.496	7.440	7.384	7.148	7.031	7.055	7.108	7.235
Max deck inclination deg	1.1844	10.0300	20.0158	30.0095	40.0055	50.0029	60.0014	70.0004	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.1844	-0.7907	-0.8637	-0.9137	-0.9473	-0.9819	-1.0427	-1.0138	-0.8292	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		35.5	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		41.9	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3285	Pass	+241.02
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3227	Pass	+1915.13
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3227	Pass	+1915.13
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.79

Loadcase - KONFIGURASI_6-4

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

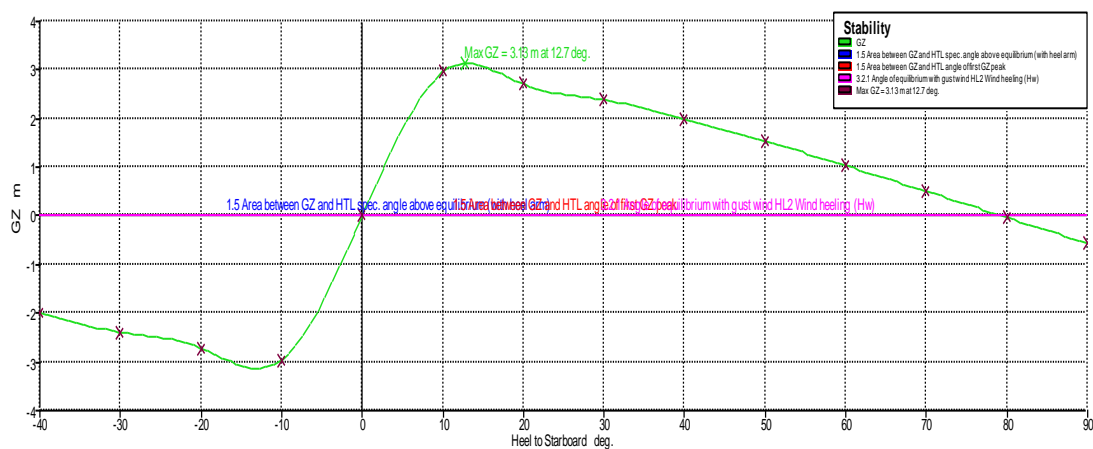
Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.72. Data Berat dan Titik Berat K6-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	34	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
		Berat konsumabel :			0		0
2	DWT	Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
		Berat muatan :	2474	1.148	2840.152	9.06	22414.44
3	Displ		10745		14343.557		80295.3645

KG : 1.335

LCG : 7.473



Gambar 8.32. Kurva stabilitas statis K6-4

Tabel 8.73. Data stabilitas statis K6-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	2.956	2.718	2.391	1.993	1.537	1.037	0.509	-0.029	-0.561
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	16.8939	46.8545	72.0595	94.1469	111.8107	124.7137	132.4562	134.8568	131.9027
Displacement t	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.74	10.74	10.75	10.74
Draft at FP m	0.862	0.629	0.092	-0.545	-1.338	-2.397	-4.004	-7.010	-15.611	n/a
Draft at AP m	0.412	0.300	-0.298	-0.975	-1.808	-2.935	-4.648	-7.809	-16.837	n/a
WL Length m	15.568	15.803	15.849	15.879	15.906	15.950	15.982	15.981	15.980	15.979
Beam max extents on WL m	7.138	6.818	3.629	3.540	3.317	2.986	2.549	2.011	1.460	1.432
Wetted Area m ²	49.998	40.482	38.934	38.714	39.068	39.478	39.401	39.005	38.764	38.510
Waterpl. Area m ²	23.914	18.247	16.353	16.222	16.338	16.595	16.999	17.702	18.410	19.338
Prismatic coeff. (Cp)	0.730	0.804	0.798	0.797	0.795	0.795	0.797	0.805	0.821	0.841
Block coeff. (Cb)	0.113	0.085	0.159	0.172	0.202	0.254	0.325	0.455	0.700	0.748
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.270	7.267	7.283	7.295	7.302	7.307	7.309	7.299	7.288	7.273
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.216	8.436	8.016	7.843	7.517	7.098	6.877	6.861	6.894	6.986
Max deck inclination deg	1.6828	10.0724	20.0450	30.0293	40.0188	50.0122	60.0073	70.0033	80.0010	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.6828	-1.2303	-1.4580	-1.6083	-1.7565	-2.0097	-2.4043	-2.9834	-4.5732	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		23.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		30.3	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2569	Pass	+240.05
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2564	Pass	+1911.00
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2564	Pass	+1911.00
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_6-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

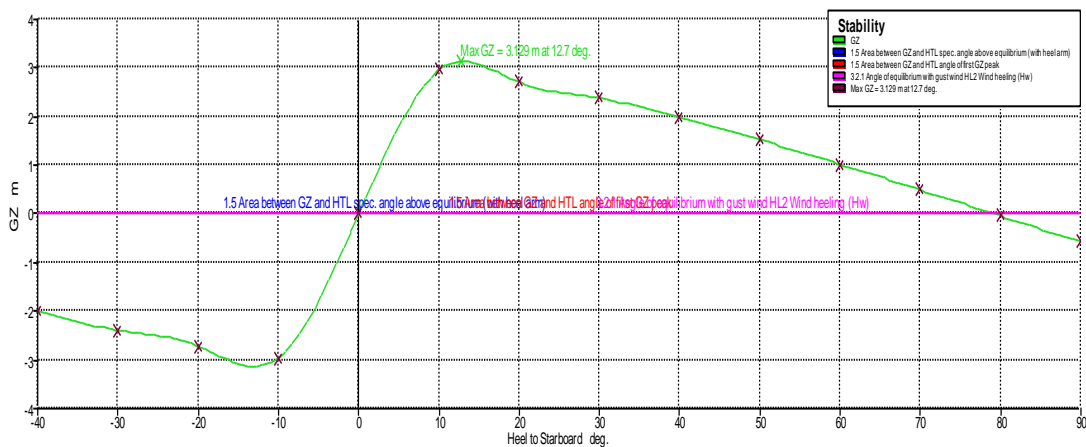
Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.74. Data Berat dan Titik Berat K6-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	34	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	0	1.076	0	3.3975	0
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	2474	1.148	2840.152	9.06	22414.44
3	Displ		10405		13977.717		78370.1145

KG : 1.343

LCG : 7.532



Gambar 8.33. Kurva stabilitas statis K6-5

Tabel 8.75. Data stabilitas statis K6-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	2.956	2.713	2.383	1.982	1.524	1.025	0.499	-0.038	-0.569
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0008	16.8952	46.8330	71.9724	93.9621	111.5056	124.2845	131.9154	134.2188	131.1795
Displacement t	10.41	10.41	10.41	10.41	10.41	10.40	10.40	10.40	10.41	10.40
Draft at FP m	0.859	0.628	0.090	-0.547	-1.342	-2.408	-4.021	-7.032	-15.652	n/a
Draft at AP m	0.389	0.259	-0.342	-1.021	-1.855	-2.983	-4.703	-7.889	-16.990	n/a
WL Length m	15.566	15.805	15.849	15.879	15.904	15.944	15.982	15.981	15.980	15.979
Beam max extents on WL m	7.138	6.813	3.626	3.535	3.320	2.986	2.565	2.021	1.465	1.437
Wetted Area m ²	49.123	39.588	38.162	37.965	38.276	38.652	38.630	38.333	38.147	37.923
Waterpl. Area m ²	23.762	17.807	16.068	16.006	16.312	16.808	17.422	17.994	18.614	19.468
Prismatic coeff. (Cp)	0.723	0.798	0.792	0.791	0.789	0.787	0.790	0.800	0.816	0.836
Block coeff. (Cb)	0.110	0.082	0.155	0.167	0.196	0.250	0.320	0.450	0.693	0.734
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.323	7.323	7.340	7.353	7.360	7.363	7.364	7.355	7.343	7.330
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.205	8.457	8.035	7.857	7.550	7.113	6.857	6.859	6.902	7.005
Max deck inclination deg	1.7576	10.0910	20.0552	30.0356	40.0224	50.0140	60.0082	70.0038	80.0012	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.7576	-1.3804	-1.6151	-1.7716	-1.9163	-2.1503	-2.5479	-3.1976	-4.9888	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		24.7	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		31.1	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2563	Pass	+240.04
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2491	Pass	+1910.54
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2491	Pass	+1910.54
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.76. Resume data stabilitas K6

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7476	0	1250	600	2474	11800	7.350	1.317	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7476	0	1250	600	0	9326	6.882	1.364	0.548
2	Menuju fishingground	7476	0	1000	540	0	9016	6.888	1.365	0.530
3	Menangkap ikan di FG	7476	0	750	480	1237	9943	7.196	1.347	0.585
4	Meninggalkan FG	7476	0	375	420	2474	10745	7.473	1.335	0.632
5	Tiba di pelabuhan	7476	0	125	330	2474	10405	7.532	1.343	0.612

7. Loadcase - KONFIGURASI_7-0 (Kapal ikan katamaran penggerak Mesin-Panel Surya-Layar)

Damage Case - Intact

Free to Trim

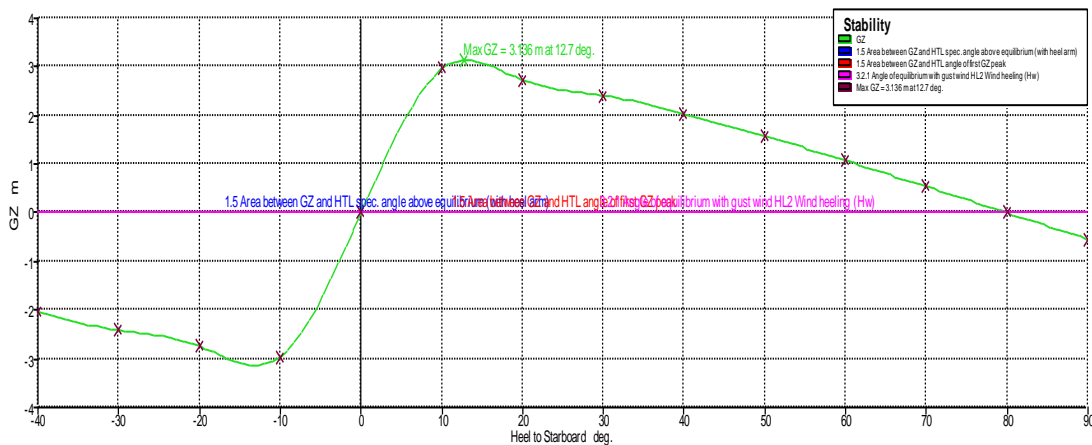
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.77. Data Berat dan Titik Berat K7-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	193	0.347	66.971	11.325	2185.725
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	11.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	294	1.076	316.344	3.3975	998.865
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	1967	1.148	2281.076	9.06	18002.22
3	Displ		11800		15302.976		85041.672

KG : 1.297 LCG : 7.207



Gambar 8.34. Kurva stabilitas statis K7-0

Tabel 8.78. Data stabilitas statis K7-0

Heel to Starboard deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
GZ m	0.001	2.959	2.733	2.419	2.030	1.578	1.075	0.542	0.000	-0.534
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0011	16.9041	46.9542	72.3749	94.7851	112.8440	126.1470	134.2470	136.9599	134.2837
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.839	0.601	0.057	-0.585	-1.381	-2.440	-4.059	-7.090	-15.779	n/a
Draft at AP m	0.514	0.454	-0.126	-0.789	-1.609	-2.711	-4.368	-7.425	-16.105	n/a
WL Length m	15.546	15.776	15.814	15.839	15.864	15.907	15.976	15.978	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.853	3.632	3.544	3.317	2.939	2.469	1.963	1.438	1.386
Wetted Area m^2	52.525	42.973	41.099	40.860	41.350	41.887	41.935	41.179	40.579	40.149
Waterpl. Area m^2	24.276	19.422	17.041	16.778	16.389	15.460	15.381	16.536	17.749	19.006
Prismatic coeff. (Cp)	0.758	0.827	0.823	0.821	0.819	0.820	0.819	0.825	0.838	0.853
Block coeff. (Cb)	0.127	0.094	0.178	0.193	0.221	0.267	0.346	0.480	0.730	0.843
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.979	6.972	6.979	6.986	6.989	6.993	6.991	6.985	6.972	6.959
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.181	8.119	7.751	7.625	7.359	7.267	7.164	7.007	6.972	7.013
Max deck inclination deg	1.2142	10.0145	20.0100	30.0066	40.0044	50.0031	60.0017	70.0006	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.2142	-0.5505	-0.6857	-0.7640	-0.8524	-1.0116	-1.1555	-1.2535	-1.2202	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		24.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		30.6	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2793	Pass	+240.35
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3029	Pass	+1913.90
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3029	Pass	+1913.90
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_7-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

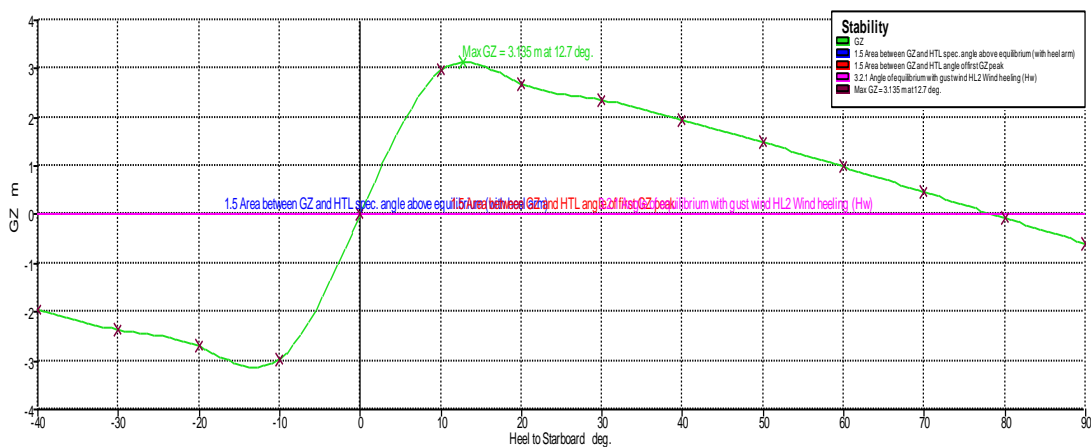
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.79. Data Berat dan Titik Berat K7-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	193	0.347	66.971	11.325	2185.725
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	294	1.076	316.344	3.3975	998.865
		Air tawar	1250	1.076	1345	5.6625	7078.125
		Provision	600	1.076	645.6	5.6625	3397.5
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9813		13021.9		67039.452

KG : 1.327 LCG : 6.832



Gambar 8.35. Kurva stabilitas statis K7-1

Tabel 8.80. Data stabilitas statis K7-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.965	2.704	2.361	1.949	1.487	0.989	0.466	-0.065	-0.585
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0014	16.9611	46.9115	71.8904	93.6021	110.7908	123.2031	130.4898	132.4915	129.2308
Displacement t	9.259	9.259	9.259	9.260	9.260	9.259	9.259	9.259	9.259	9.259
Draft at FP m	0.613	0.324	-0.263	-0.934	-1.764	-2.890	-4.629	-7.889	-17.239	n/a
Draft at AP m	0.505	0.409	-0.166	-0.827	-1.645	-2.752	-4.419	-7.486	-16.239	n/a
WL Length m	15.389	15.569	15.574	15.577	15.575	15.568	15.548	15.515	15.450	15.843
Beam max extents on WL m	7.138	3.604	3.562	3.445	3.264	2.994	2.537	2.017	1.472	1.436
Wetted Area m ²	44.678	34.612	34.507	34.639	34.943	35.357	35.221	34.988	34.756	33.902
Waterpl. Area m ²	22.022	14.215	13.911	14.266	15.358	17.283	18.216	19.058	20.071	21.713
Prismatic coeff. (Cp)	0.761	0.776	0.775	0.773	0.771	0.770	0.764	0.752	0.740	0.711
Block coeff. (Cb)	0.136	0.168	0.170	0.182	0.203	0.241	0.310	0.422	0.628	0.683
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.391	6.377	6.373	6.371	6.368	6.367	6.362	6.355	6.346	6.341
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.791	6.950	6.994	7.020	7.031	7.089	7.170	7.199	7.332	7.618
Max deck inclination deg	0.4023	10.0048	20.0028	30.0018	40.0012	50.0008	60.0008	70.0008	80.0006	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.4023	0.3174	0.3622	0.4021	0.4474	0.5151	0.7841	1.5040	3.7324	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		41.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		46.4	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3433	Pass	+241.22
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3289	Pass	+1915.52
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3289	Pass	+1915.52
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.78

Loadcase - KONFIGURASI_7-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

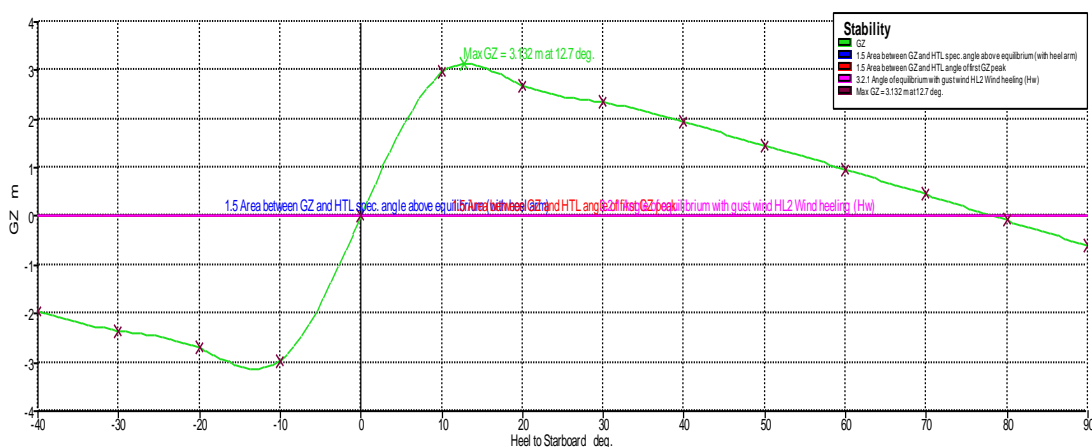
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.80. Data Berat dan Titik Berat K7-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	193	0.347	66.971	11.325	2185.725
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	242	1.076	260.392	3.3975	822.195
		Air tawar	1000	1.076	1076	5.6625	5662.5
		Provision	540	1.076	581.04	5.6625	3057.75
		Berat muatan :	0	1.148	0	9.06	0
3	Displ		9451		12632.388		65107.407

KG : 1.337 LCG : 6.889



Gambar 8.36. Kurva stabilitas statis K7-2

Tabel 8.81. Data stabilitas statis K7-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.964	2.698	2.350	1.934	1.469	0.973	0.452	-0.077	-0.595
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0014	16.9570	46.8707	71.7614	93.3427	110.3634	122.6035	129.7415	131.6142	128.2444
Displacement t	8.917	8.917	8.917	8.918	8.918	8.917	8.917	8.917	8.917	8.917
Draft at FP m	0.609	0.319	-0.267	-0.938	-1.768	-2.894	-4.633	-7.894	-17.247	n/a
Draft at AP m	0.481	0.368	-0.210	-0.874	-1.694	-2.804	-4.484	-7.577	-16.414	n/a
WL Length m	15.387	15.566	15.571	15.574	15.573	15.566	15.546	15.512	15.445	15.843
Beam max extents on WL m	7.138	3.597	3.547	3.421	3.232	2.994	2.540	2.019	1.472	1.437
Wetted Area m ²	43.774	33.793	33.723	33.864	34.156	34.556	34.486	34.359	34.162	33.340
Waterpl. Area m ²	21.880	13.892	13.652	14.054	15.194	17.438	18.627	19.318	20.255	21.790
Prismatic coeff. (Cp)	0.755	0.793	0.790	0.789	0.787	0.784	0.777	0.765	0.752	0.722
Block coeff. (Cb)	0.132	0.169	0.172	0.184	0.207	0.242	0.312	0.425	0.635	0.693
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.429	6.416	6.413	6.412	6.410	6.408	6.404	6.397	6.389	6.384
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.782	6.986	7.021	7.042	7.044	7.021	7.113	7.173	7.321	7.614
Max deck inclination deg	0.4797	10.0016	20.0010	30.0007	40.0005	50.0003	60.0004	70.0005	80.0004	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.4797	0.1840	0.2141	0.2416	0.2773	0.3355	0.5572	1.1845	3.1101	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		44.7	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		49.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3342	Pass	+241.09
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3089	Pass	+1914.27
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3089	Pass	+1914.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.76

Loadcase - KONFIGURASI_7-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

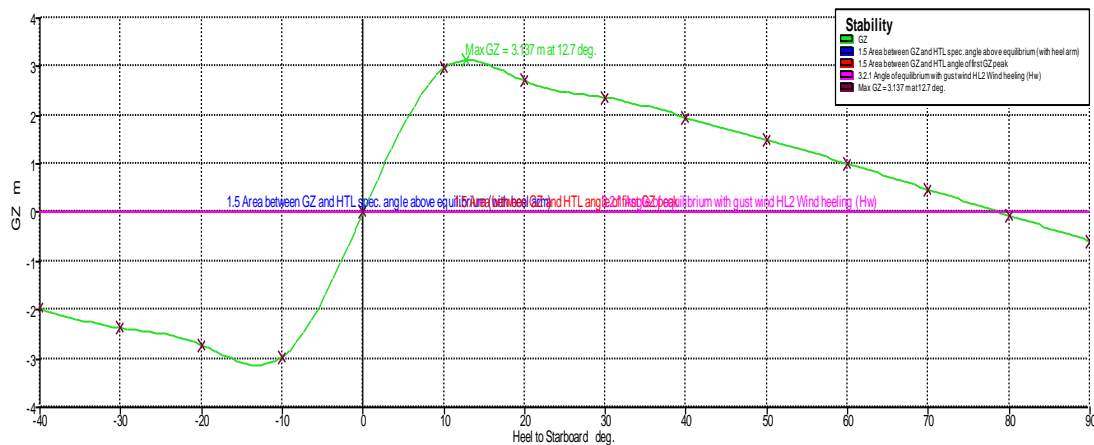
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.82. Data Berat dan Titik Berat K7-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	193	0.347	66.971	11.325	2185.725
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	130	1.076	139.88	3.3975	441.675
		Air tawar	750	1.076	807	5.6625	4246.875
		Provision	480	1.076	516.48	5.6625	2718
		Berat muatan :	984	1.148	1141.112	9.06	9005.64
3	Displ		10023		13319.428		71977.152

KG : 1.329 LCG : 7.181



Gambar 8.37. Kurva stabilitas statis K7-3

Tabel 8.83. Data stabilitas statis K7-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.966	2.711	2.374	1.967	1.509	1.010	0.485	-0.050	-0.576
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0011	16.9586	46.9427	72.0193	93.8830	111.2703	123.8963	131.3820	133.5575	130.4220
Displacement t	9.824	9.824	9.824	9.824	9.824	9.825	9.824	9.824	9.824	9.824
Draft at FP m	0.728	0.487	-0.084	-0.744	-1.563	-2.674	-4.364	-7.527	-16.589	n/a
Draft at AP m	0.456	0.337	-0.245	-0.912	-1.735	-2.848	-4.535	-7.643	-16.520	n/a
WL Length m	15.470	15.692	15.709	15.720	15.727	15.731	15.745	15.782	15.918	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.614	3.586	3.478	3.296	2.994	2.517	1.990	1.453	1.428
Wetted Area m ²	46.887	36.553	36.201	36.287	36.584	37.011	36.835	36.614	36.438	36.058
Waterpl. Area m ²	22.811	15.311	14.642	14.912	15.958	17.376	17.984	18.663	19.439	20.530
Prismatic coeff. (Cp)	0.745	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.818	0.831	0.832	0.807
Block coeff. (Cb)	0.122	0.166	0.171	0.189	0.212	0.254	0.333	0.469	0.710	0.779
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.820	6.814	6.820	6.824	6.825	6.825	6.821	6.811	6.800	6.790
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.988	7.492	7.366	7.341	7.306	7.131	7.076	7.085	7.155	7.289
Max deck inclination deg	1.0183	10.0151	20.0076	30.0045	40.0025	50.0013	60.0005	70.0001	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.0183	-0.5604	-0.5994	-0.6270	-0.6420	-0.6535	-0.6398	-0.4364	0.2595	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		37.3	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		43.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.3438	Pass	+241.22
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3434	Pass	+1916.42
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3434	Pass	+1916.42
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.80

Loadcase - KONFIGURASI_7-4

Damage Case - Intact

Free to Trim

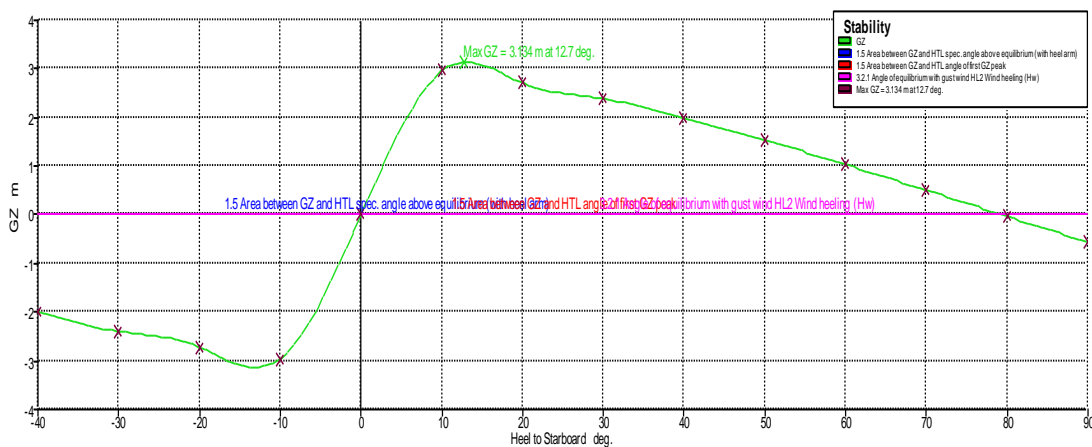
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.84. Data Berat dan Titik Berat K7-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	193	0.347	66.971	11.325	2185.725
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	86	1.076	92.536	3.3975	292.185
		Air tawar	375	1.076	403.5	5.6625	2123.4375
		Provision	420	1.076	451.92	5.6625	2378.25
		Berat muatan :	1967	1.148	2281.076	9.06	18002.22
3	Displ		10537		13943.988		78361.0545

KG : 1.323 LCG : 7.437



Gambar 8.38. Kurva stabilitas statis K7-4

Tabel 8.85. Data stabilitas statis K7-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.961	2.719	2.392	1.994	1.537	1.038	0.510	-0.027	-0.558
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	16.9214	46.9157	72.1298	94.2207	111.8901	124.8019	132.5554	134.9708	132.0363
Displacement t	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63
Draft at FP m	0.833	0.601	0.056	-0.587	-1.388	-2.462	-4.090	-7.133	-15.850	n/a
Draft at AP m	0.429	0.318	-0.275	-0.948	-1.777	-2.899	-4.602	-7.743	-16.708	n/a
WL Length m	15.545	15.781	15.819	15.844	15.864	15.897	15.960	15.979	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.744	3.622	3.529	3.316	2.993	2.536	2.003	1.456	1.428
Wetted Area m ²	49.536	39.774	38.527	38.375	38.692	39.123	39.008	38.615	38.377	38.103
Waterpl. Area m ²	23.693	17.642	16.012	15.960	16.406	16.751	17.139	17.867	18.584	19.553
Prismatic coeff. (Cp)	0.738	0.806	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.810	0.827	0.847
Block coeff. (Cb)	0.116	0.087	0.162	0.176	0.207	0.255	0.328	0.460	0.708	0.774
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.154	7.152	7.165	7.175	7.180	7.182	7.181	7.175	7.162	7.148
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.166	8.231	7.863	7.721	7.497	7.127	6.952	6.923	6.951	7.042
Max deck inclination deg	1.5080	10.0537	20.0323	30.0207	40.0129	50.0081	60.0046	70.0019	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5080	-1.0589	-1.2349	-1.3503	-1.4521	-1.6344	-1.9112	-2.2809	-3.2030	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		26.5	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		33.1	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2964	Pass	+240.58
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.3032	Pass	+1913.91
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.3032	Pass	+1913.91
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_7-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

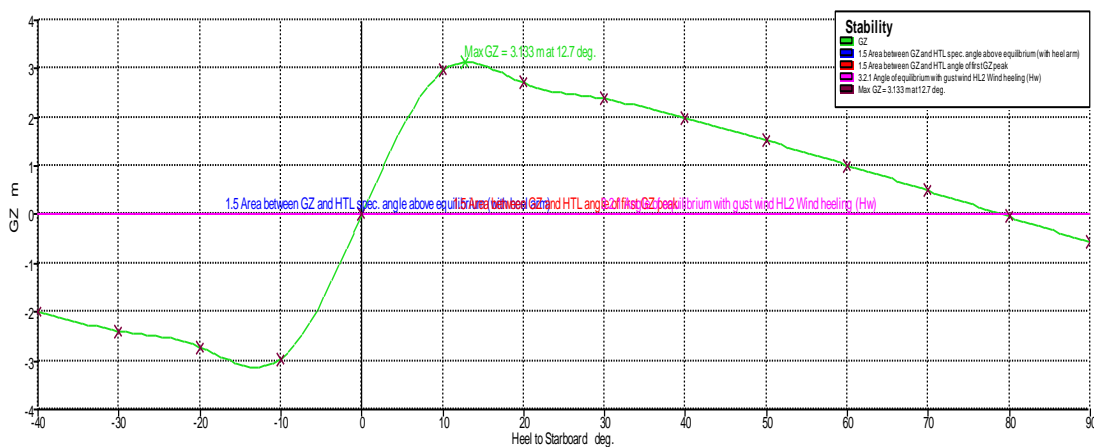
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.86. Data Berat dan Titik Berat K7-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.2	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	193	0.347	66.971	11.325	2185.725
		Berat motor listrik	195	0.347	67.665	11.325	2208.375
		Berat panel surya	85	3.44	292.4	33.975	2887.875
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.2	4.53	570.78
		Berat layar	378	9.24	3492.72	6.342	2397.276
		Berat peralatan :			0		0
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.231	8891.937
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.231	4146.309
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.1325	627.405
2	DWT	Berat konsumabel :			0		0
		Bahan bakar	34	1.076	36.584	3.3975	115.515
		Air tawar	125	1.076	134.5	5.6625	707.8125
		Provision	330	1.076	355.08	5.6625	1868.625
		Berat muatan :	1967	1.148	2281.076	9.06	18002.22
3	Displ		10145		13522.196		76259.1345

KG : 1.333 LCG : 7.517



Gambar 8.39. Kurva stabilitas statis K7-5

Tabel 8.87. Data stabilitas statis K7-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.000	2.960	2.714	2.383	1.981	1.523	1.024	0.499	-0.037	-0.567
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	16.9214	46.8889	72.0297	94.0111	111.5442	124.3175	131.9484	134.2576	131.2312
Displacement t	10.26	10.26	10.26	10.26	10.26	10.26	10.25	10.25	10.26	10.25
Draft at FP m	0.831	0.601	0.055	-0.588	-1.391	-2.469	-4.102	-7.150	-15.877	n/a
Draft at AP m	0.402	0.272	-0.324	-1.001	-1.831	-2.955	-4.668	-7.836	-16.889	n/a
WL Length m	15.544	15.783	15.821	15.845	15.865	15.894	15.953	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.741	3.618	3.524	3.311	2.987	2.555	2.014	1.462	1.434
Wetted Area m ²	48.586	38.811	37.698	37.562	37.840	38.231	38.170	37.895	37.714	37.474
Waterpl. Area m ²	23.536	17.174	15.721	15.733	16.338	16.993	17.612	18.179	18.803	19.688
Prismatic coeff. (Cp)	0.730	0.799	0.796	0.796	0.796	0.795	0.795	0.805	0.823	0.844
Block coeff. (Cb)	0.112	0.084	0.157	0.171	0.201	0.252	0.322	0.453	0.700	0.756
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.216	7.216	7.231	7.241	7.247	7.249	7.248	7.239	7.228	7.214
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.157	8.258	7.896	7.745	7.532	7.139	6.919	6.914	6.953	7.059
Max deck inclination deg	1.6000	10.0725	20.0425	30.0269	40.0165	50.0100	60.0056	70.0024	80.0007	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.6000	-1.2308	-1.4175	-1.5421	-1.6458	-1.8158	-2.1148	-2.5606	-3.7764	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		27.3	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		33.9	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.2936	Pass	+240.55
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	32.2925	Pass	+1913.25
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	32.2925	Pass	+1913.25
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.88. Resume data stabilitas K7

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7669	294	1250	600	1987	11800	7.207	1.297	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7669	294	1250	600	0	9813	6.832	1.327	0.577
2	Menuju fishingground	7669	242	1000	540	0	9451	6.889	1.337	0.556
3	Menangkap ikan di FG	7669	138	750	480	994	10031	7.181	1.329	0.604
4	Meninggalkan FG	7669	86	375	420	1987	10537	7.437	1.323	0.648
5	Tiba di pelabuhan	7669	34	125	330	1987	10145	7.517	1.333	0.625

8. Loadcase - KONFIGURASI_8-0

Damage Case - Intact

Free to Trim

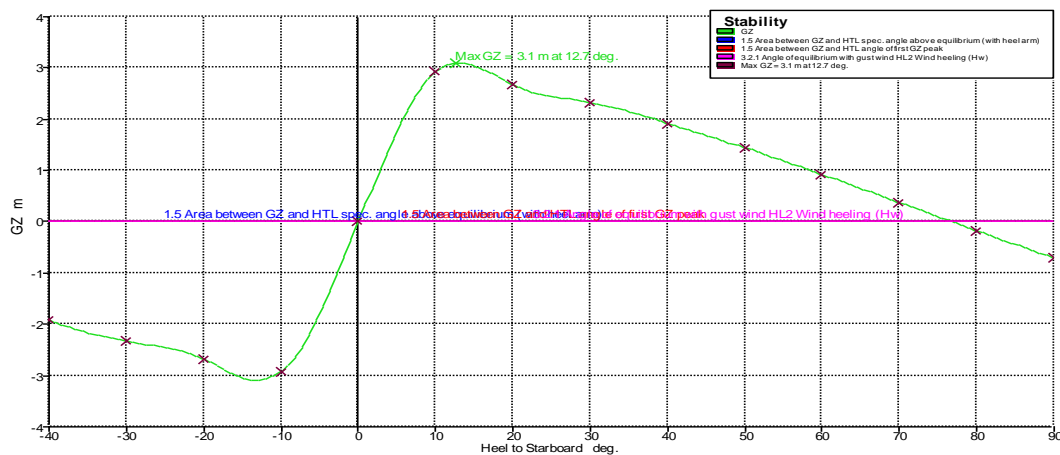
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.89. Data Berat dan Titik Berat K8-0

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.20	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.35	93.00	11.33	3035.10
		Berat motor listrik	195	0.35	67.67	11.33	2208.38
		Berat panel surya	85	3.44	292.40	33.98	2887.88
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.20	4.53	570.78
		Berat layar	454	9.24	4194.96	6.34	2879.27
		Berat peralatan :			0.00		0.00
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.23	8891.94
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.23	4146.31
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.13	627.41
2	DWT	Berat konsumabel :			0.00		0.00
		Bahan bakar	407	1.08	437.93	3.40	1382.78
		Air tawar	1250	1.08	1345.00	5.66	7078.13
		Provision	600	1.08	645.60	5.66	3397.50
		Berat muatan :	1723	1.15	1978.00	9.06	15610.38
3	Displ		11800		15849.76		84365.12

KG : 1.34 LCG : 7.15



Gambar 8.40. Kurva stabilitas statis K8-0

Tabel 8.90. Data stabilitas statis K8-0

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.932	2.676	2.334	1.922	1.448	0.927	0.382	-0.168	-0.706
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	16.7686	46.3932	71.0994	92.5405	109.4038	121.3161	127.8710	128.9311	124.5520
Displacement t	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Draft at FP m	0.814	0.577	0.026	-0.621	-1.425	-2.497	-4.136	-7.200	-15.986	n/a
Draft at AP m	0.535	0.480	-0.094	-0.753	-1.568	-2.660	-4.301	-7.331	-15.931	n/a
WL Length m	15.528	15.757	15.789	15.810	15.829	15.861	15.914	15.978	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.809	3.627	3.535	3.320	2.912	2.449	1.951	1.434	1.388
Wetted Area m ²	52.391	42.565	40.953	40.775	41.239	41.805	41.895	41.121	40.453	39.980
Waterpl. Area m ²	24.156	19.012	16.844	16.649	16.392	15.373	15.285	16.486	17.799	19.126
Prismatic coeff. (Cp)	0.762	0.829	0.826	0.825	0.824	0.825	0.826	0.829	0.837	0.816
Block coeff. (Cb)	0.131	0.097	0.183	0.196	0.221	0.272	0.351	0.485	0.732	0.811
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.875	6.863	6.870	6.874	6.875	6.878	6.873	6.866	6.853	6.842
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.137	7.906	7.605	7.510	7.333	7.330	7.265	7.105	7.039	7.072
Max deck inclination deg	1.0423	10.0063	20.0043	30.0027	40.0017	50.0011	60.0005	70.0001	80.0000	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.0423	-0.3610	-0.4487	-0.4925	-0.5355	-0.6076	-0.6175	-0.4905	0.2075	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		25.8	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		32.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.0576	Pass	+237.37
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	31.9915	Pass	+1894.48
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	31.9915	Pass	+1894.48
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.85

Loadcase - KONFIGURASI_8-1

Damage Case - Intact

Free to Trim

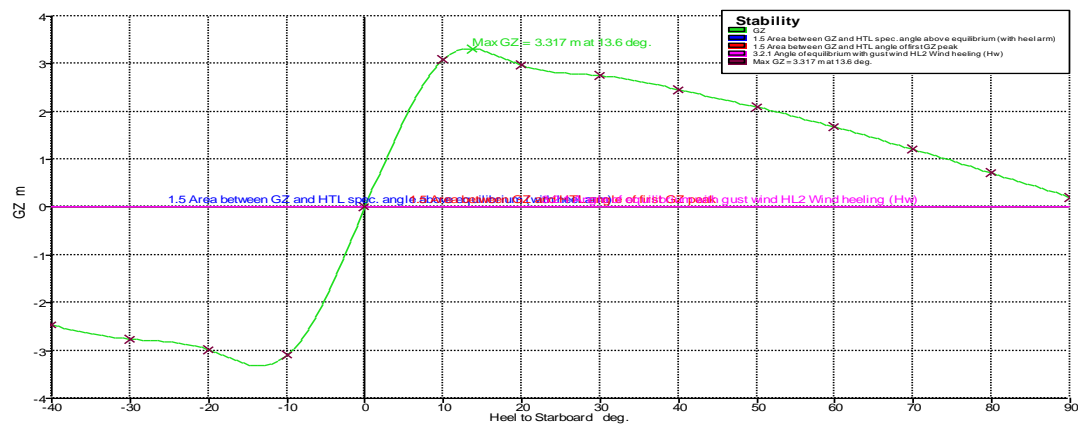
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.91. Data Berat dan Titik Berat K8-1

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.20	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.35	93.00	11.33	3035.10
		Berat motor listrik	195	0.35	67.67	11.33	2208.38
		Berat panel surya	85	3.44	292.40	33.98	2887.88
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.20	4.53	570.78
		Berat layar	454	9.24	4194.96	6.34	2879.27
		Berat peralatan :			0.00		0.00
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.23	8891.94
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.23	4146.31
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.13	627.41
2	DWT	Berat konsumabel :			0.00		0.00
		Bahan bakar	407	1.08	437.93	3.40	1382.78
		Air tawar	1250	1.08	1345.00	5.66	7078.13
		Provision	600	1.08	645.60	5.66	3397.50
		Berat muatan :	0	1.15	0.00	9.06	0.00
3	Displ		11800		13871.75		68754.74

KG : 1.18 LCG : 5.83



Gambar 8.41. Kurva stabilitas statis K8-1

Tabel 8.92. Data stabilitas statis K8-1

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	3.104	2.978	2.761	2.464	2.100	1.681	1.217	0.721	0.213
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0014	17.6548	49.6700	78.0259	104.3233	127.1660	146.1229	160.6418	170.3494	175.0242
Displacement t	9.313	9.313	9.313	9.314	9.314	9.313	9.313	9.313	9.313	9.313
Draft at FP m	0.606	0.316	-0.271	-0.944	-1.774	-2.901	-4.642	-7.907	-17.272	n/a
Draft at AP m	0.516	0.422	-0.152	-0.811	-1.628	-2.734	-4.396	-7.455	-16.179	n/a
WL Length m	15.384	15.563	15.568	15.570	15.568	15.560	15.539	15.503	15.429	15.816
Beam max extents on WL m	7.138	3.606	3.566	3.453	3.275	2.993	2.540	2.019	1.473	1.434
Wetted Area m ²	44.764	34.726	34.609	34.738	35.042	35.455	35.326	35.057	34.787	33.929
Waterpl. Area m ²	22.007	14.265	13.946	14.292	15.373	17.176	18.109	19.001	20.027	21.647
Prismatic coeff. (Cp)	0.764	0.764	0.766	0.764	0.762	0.760	0.755	0.743	0.733	0.704
Block coeff. (Cb)	0.138	0.166	0.169	0.180	0.201	0.239	0.307	0.418	0.622	0.678
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.349	6.346	6.341	6.337	6.334	6.332	6.326	6.319	6.309	6.303
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.779	6.924	6.972	7.001	7.014	7.102	7.190	7.210	7.333	7.602
Max deck inclination deg	0.3363	10.0075	20.0042	30.0028	40.0018	50.0012	60.0011	70.0011	80.0008	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.3363	0.3951	0.4470	0.4941	0.5467	0.6255	0.9192	1.6896	4.0794	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		39.8	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		45.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	6.9322	m.deg	29.4782	Pass	+325.24
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	13.6	Pass	+36.36
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	33.8894	Pass	+2012.81
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	33.8894	Pass	+2012.81
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.79

Loadcase - KONFIGURASI_8-2

Damage Case - Intact

Free to Trim

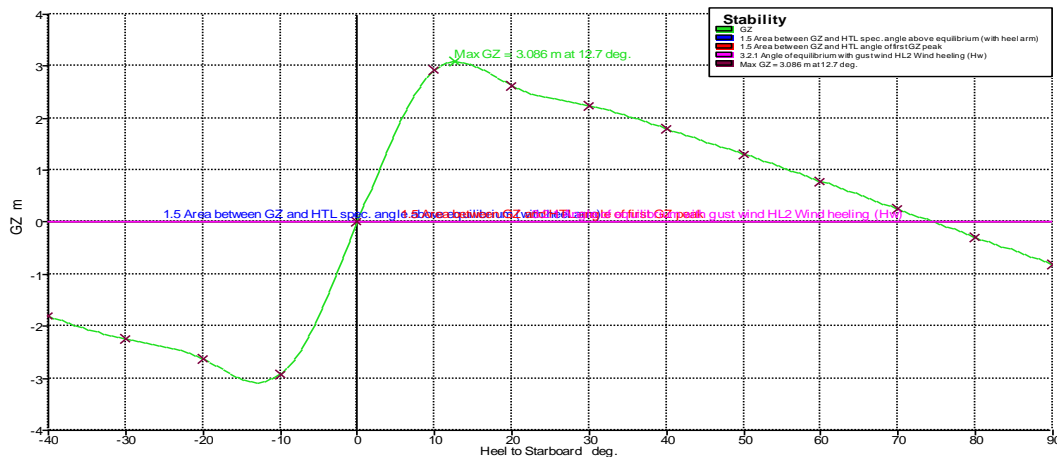
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.93. Data Berat dan Titik Berat K8-2

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.20	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.35	93.00	11.33	3035.10
		Berat motor listrik	195	0.35	67.67	11.33	2208.38
		Berat panel surya	85	3.44	292.40	33.98	2887.88
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.20	4.53	570.78
		Berat layar	454	9.24	4194.96	6.34	2879.27
		Berat peralatan :			0.00		0.00
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.23	8891.94
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.23	4146.31
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.13	627.41
		Berat konsumabel :			0.00		0.00
2	DWT	Bahan bakar	365	1.08	392.74	3.40	1240.09
		Air tawar	1000	1.08	1076.00	5.66	5662.50
		Provision	540	1.08	581.04	5.66	3057.75
		Berat muatan :	0	1.15	0.00	9.06	0.00
3	Displ		11800		13493.00		66856.67

KG : 1.14 LCG : 5.67



Gambar 8.42. Kurva stabilitas statis K8-2

Tabel 8.94. Data stabilitas statis K8-2

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.928	2.627	2.248	1.803	1.312	0.794	0.257	-0.282	-0.804
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0014	16.7745	46.1527	70.1766	90.5841	106.1600	116.7190	121.9847	121.8538	116.4152
Displacement t	9.003	9.003	9.003	9.004	9.004	9.003	9.003	9.003	9.003	9.003
Draft at FP m	0.605	0.311	-0.276	-0.948	-1.778	-2.904	-4.645	-7.910	-17.276	n/a
Draft at AP m	0.492	0.386	-0.190	-0.853	-1.672	-2.782	-4.456	-7.539	-16.342	n/a
WL Length m	15.384	15.560	15.565	15.567	15.566	15.559	15.537	15.501	15.426	15.821
Beam max extents on WL m	7.138	3.600	3.553	3.432	3.246	2.994	2.543	2.020	1.473	1.436
Wetted Area m ²	43.962	33.980	33.899	34.036	34.332	34.736	34.645	34.482	34.252	33.430
Waterpl. Area m ²	21.888	13.967	13.709	14.096	15.220	17.371	18.501	19.246	20.201	21.727
Prismatic coeff. (Cp)	0.758	0.781	0.779	0.777	0.775	0.772	0.766	0.754	0.744	0.715
Block coeff. (Cb)	0.134	0.167	0.170	0.182	0.204	0.240	0.308	0.421	0.629	0.686
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.394	6.378	6.374	6.372	6.370	6.368	6.364	6.357	6.349	6.345
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.775	6.957	6.996	7.020	7.027	7.032	7.134	7.184	7.322	7.599
Max deck inclination deg	0.4230	10.0038	20.0022	30.0014	40.0010	50.0006	60.0006	70.0007	80.0006	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.4230	0.2806	0.3193	0.3543	0.3957	0.4579	0.7054	1.3892	3.4875	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)		43.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)		48.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.0397	Pass	+237.13
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	31.9014	Pass	+1888.87
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	31.9014	Pass	+1888.87
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.77

Loadcase - KONFIGURASI_8-3

Damage Case - Intact

Free to Trim

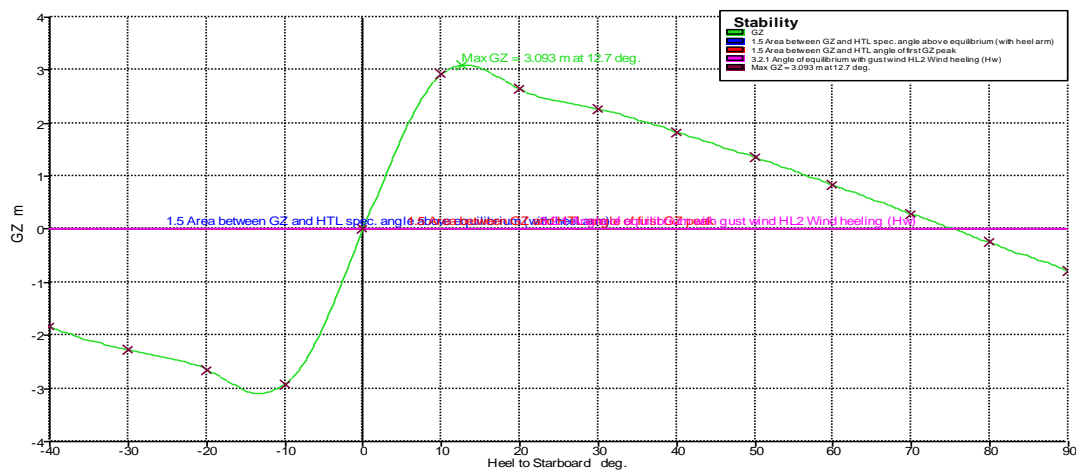
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.95. Data Berat dan Titik Berat K8-3

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.20	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.35	93.00	11.33	3035.10
		Berat motor listrik	195	0.35	67.67	11.33	2208.38
		Berat panel surya	85	3.44	292.40	33.98	2887.88
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.20	4.53	570.78
		Berat layar	454	9.24	4194.96	6.34	2879.27
		Berat peralatan :			0.00		0.00
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.23	8891.94
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.23	4146.31
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.13	627.41
2	DWT	Berat konsumabel :			0.00		0.00
		Bahan bakar	184	1.08	197.98	3.40	625.14
		Air tawar	750	1.08	807.00	5.66	4246.88
		Provision	480	1.08	516.48	5.66	2718.00
		Berat muatan :	862	1.15	989.58	9.06	7809.72
3	Displ		11800		13954.26		72296.06

KG : 1.18 LCG : 6.13



Gambar 8.43. Kurva stabilitas statis K8-3

Tabel 8.96. Data stabilitas statis K8-3

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.931	2.644	2.276	1.842	1.359	0.839	0.298	-0.246	-0.776
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0012	16.7845	46.2574	70.5067	91.2503	107.2586	118.2785	123.9723	124.2288	119.1122
Displacement t	9.931	9.931	9.930	9.931	9.931	9.932	9.932	9.931	9.931	9.931
Draft at FP m	0.717	0.471	-0.104	-0.765	-1.586	-2.699	-4.396	-7.570	-16.669	n/a
Draft at AP m	0.474	0.367	-0.213	-0.877	-1.698	-2.809	-4.486	-7.576	-16.391	n/a
WL Length m	15.461	15.679	15.693	15.703	15.709	15.711	15.720	15.748	15.854	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	3.613	3.583	3.473	3.291	2.992	2.503	1.982	1.455	1.427
Wetted Area m ²	47.084	36.668	36.379	36.471	36.784	37.217	37.028	36.756	36.549	36.135
Waterpl. Area m ²	22.791	15.267	14.702	14.953	15.957	17.232	17.782	18.586	19.436	20.599
Prismatic coeff. (Cp)	0.750	0.815	0.815	0.815	0.816	0.818	0.824	0.836	0.810	0.784
Block coeff. (Cb)	0.125	0.170	0.176	0.190	0.214	0.256	0.338	0.474	0.693	0.758
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6.747	6.737	6.741	6.744	6.744	6.742	6.737	6.728	6.717	6.708
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6.969	7.369	7.315	7.297	7.260	7.142	7.112	7.117	7.191	7.321
Max deck inclination deg	0.9048	10.0072	20.0035	30.0020	40.0011	50.0005	60.0001	70.0000	80.0001	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.9048	-0.3886	-0.4065	-0.4177	-0.4195	-0.4110	-0.3390	-0.0206	1.0412	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 11.983 m)		38.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 11.983 m)		44.2	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.0628	Pass	+237.44
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	31.9546	Pass	+1892.18
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	31.9546	Pass	+1892.18
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.80

Loadcase - KONFIGURASI_8-4

Damage Case - Intact

Free to Trim

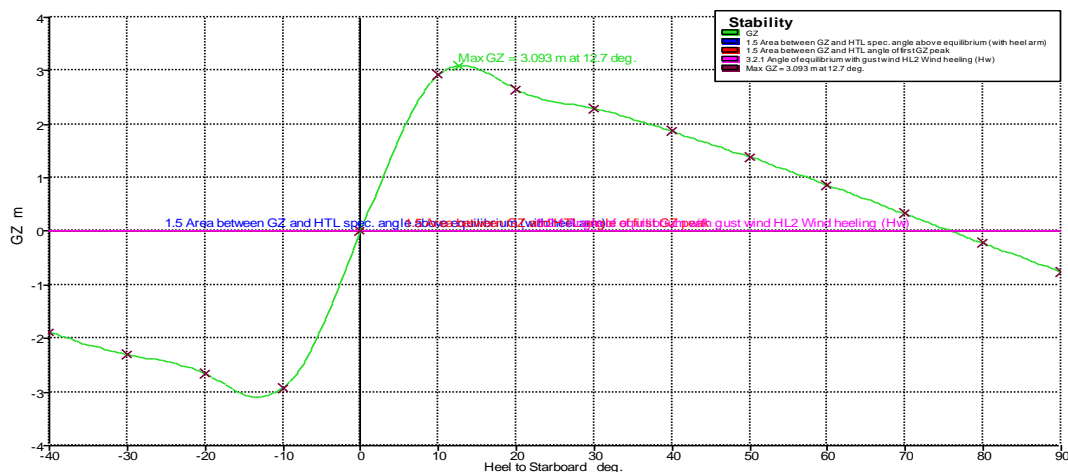
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.97. Data Berat dan Titik Berat K8-4

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.20	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.35	93.00	11.33	3035.10
		Berat motor listrik	195	0.35	67.67	11.33	2208.38
		Berat panel surya	85	3.44	292.40	33.98	2887.88
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.20	4.53	570.78
		Berat layar	454	9.24	4194.96	6.34	2879.27
		Berat peralatan :			0.00		0.00
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.23	8891.94
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.23	4146.31
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.13	627.41
2	DWT	Berat konsumabel :			0.00		0.00
		Bahan bakar	113	1.08	121.59	3.40	383.92
		Air tawar	375	1.08	403.50	5.66	2123.44
		Provision	420	1.08	451.92	5.66	2378.25
		Berat muatan :	1723	1.15	1978.00	9.06	15610.38
3	Displ		11800		14398.23		77392.31

KG : 1.22 LCG : 6.56



Gambar 8.44. Kurva stabilitas statis K8-4

Tabel 8.98. Data stabilitas statis K8-4

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.929	2.655	2.298	1.873	1.394	0.873	0.331	-0.216	-0.750
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0010	16.7635	46.2776	70.6986	91.7133	108.0573	119.4261	125.4578	126.0283	121.1890
Displacement t	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73
Draft at FP m	0.815	0.583	0.032	-0.615	-1.420	-2.499	-4.139	-7.207	-15.995	n/a
Draft at AP m	0.452	0.351	-0.236	-0.906	-1.731	-2.850	-4.541	-7.654	-16.533	n/a
WL Length m	15.531	15.765	15.798	15.820	15.838	15.866	15.920	15.979	15.978	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.656	3.618	3.523	3.316	2.994	2.518	1.991	1.451	1.419
Wetted Area m ²	49.693	39.758	38.656	38.537	38.848	39.310	39.177	38.718	38.447	38.133
Waterpl. Area m ²	23.637	17.466	15.948	15.919	16.468	16.679	16.968	17.807	18.585	19.633
Prismatic coeff. (Cp)	0.745	0.812	0.810	0.810	0.809	0.808	0.809	0.816	0.833	0.852
Block coeff. (Cb)	0.119	0.090	0.167	0.182	0.214	0.257	0.333	0.465	0.715	0.803
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.055	7.049	7.059	7.067	7.070	7.072	7.070	7.061	7.046	7.033
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.138	8.072	7.749	7.632	7.458	7.144	7.018	6.972	6.990	7.076
Max deck inclination deg	1.3558	10.0358	20.0213	30.0135	40.0083	50.0052	60.0028	70.0010	80.0002	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.3558	-0.8642	-1.0021	-1.0900	-1.1630	-1.3109	-1.5013	-1.6702	-2.0107	-1.1#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		27.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		34.5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.0397	Pass	+237.13
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	31.9457	Pass	+1891.62
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	31.9457	Pass	+1891.62
HSC 2000 Annex 7 Multihull, Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.82

Loadcase - KONFIGURASI_8-5

Damage Case - Intact

Free to Trim

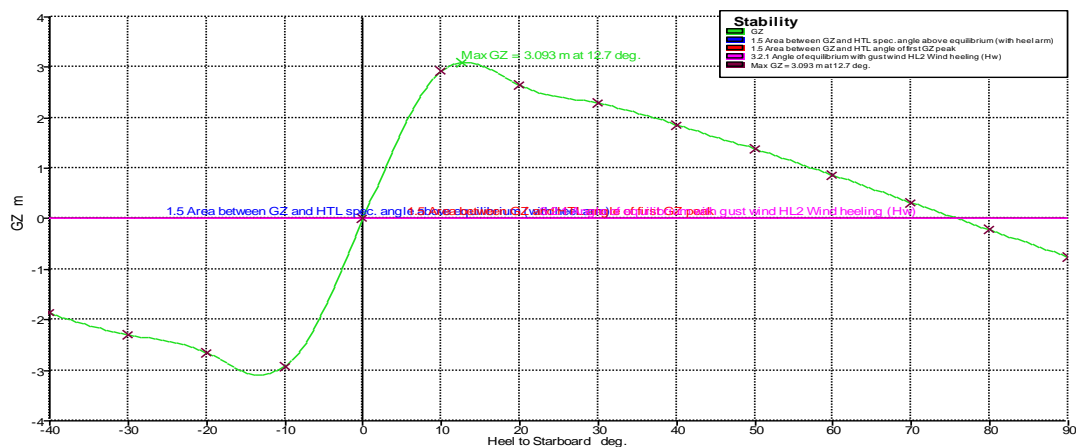
Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel 8.97. Data Berat dan Titik Berat K8-5

No	Item	Deskripsi	Berat (kg)	KG (m)	MKG (kgm)	LCG (m)	MLCG (kgm)
1	LWT	Berat lambung	5072	0.85	4311.20	6.24	31649.28
		Berat Mesin diesel	268	0.35	93.00	11.33	3035.10
		Berat motor listrik	195	0.35	67.67	11.33	2208.38
		Berat panel surya	85	3.44	292.40	33.98	2887.88
		Berat perlengkapan panel surya	126	1.20	151.20	4.53	570.78
		Berat layar	454	9.24	4194.96	6.34	2879.27
		Berat peralatan :			0.00		0.00
		Ship Equipment	727	1.44	1046.88	12.23	8891.94
		Fish Processing Equipment	339	1.44	488.16	12.23	4146.31
		Fishing Equipment	554	1.44	797.76	1.13	627.41
2	DWT	Berat konsumabel :			0.00		0.00
		Bahan bakar	42	1.08	45.19	3.40	142.70
		Air tawar	125	1.08	134.50	5.66	707.81
		Provision	330	1.08	355.08	5.66	1868.63
		Berat muatan :	1723	1.15	1978.00	9.06	15610.38
3	Displ		11800		13956.00		75225.84

KG : 1.18 LCG : 6.38



Gambar 8.44. Kurva stabilitas statis K8-5

Tabel 8.98. Data stabilitas statis K8-5

Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
GZ m	0.001	2.929	2.652	2.293	1.866	1.386	0.868	0.328	-0.217	-0.750
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0009	16.7621	46.2614	70.6440	91.5987	107.8667	119.1677	125.1586	125.7102	120.8669
Displacement t	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38	10.38
Draft at FP m	0.828	0.598	0.051	-0.592	-1.396	-2.474	-4.108	-7.159	-15.898	n/a
Draft at AP m	0.414	0.292	-0.303	-0.978	-1.807	-2.930	-4.638	-7.793	-16.803	n/a
WL Length m	15.542	15.780	15.816	15.841	15.860	15.889	15.948	15.980	15.979	15.978
Beam max extents on WL m	7.138	6.741	3.618	3.524	3.315	2.993	2.547	2.009	1.459	1.432
Wetted Area m ²	48.892	39.090	37.965	37.831	38.118	38.528	38.434	38.117	37.914	37.658
Waterpl. Area m ²	23.571	17.276	15.792	15.788	16.368	16.936	17.454	18.084	18.745	19.669
Prismatic coeff. (Cp)	0.734	0.802	0.799	0.799	0.800	0.798	0.799	0.808	0.825	0.846
Block coeff. (Cb)	0.114	0.085	0.160	0.173	0.204	0.253	0.325	0.456	0.704	0.767
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.181	7.178	7.192	7.202	7.206	7.208	7.207	7.198	7.185	7.170
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.156	8.223	7.867	7.723	7.516	7.137	6.937	6.924	6.959	7.060
Max deck inclination deg	1.5486	10.0628	20.0370	30.0235	40.0144	50.0088	60.0050	70.0021	80.0005	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.5486	-1.1457	-1.3232	-1.4400	-1.5372	-1.7039	-1.9821	-2.3702	-3.3779	-1.#IND

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 12.852 m)		27.3	n/a
Deck Edge (immersion pos = 12.852 m)		33.9	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30	7.4274	m.deg	25.0365	Pass	+237.08
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ	10.0	deg	12.7	Pass	+27.27
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	31.9370	Pass	+1891.08
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	31.9370	Pass	+1891.08
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.0	Pass	+99.81

Tabel 8.90. Resume data stabilitas K8

No	Operasional kapal	LWT (kg)	DWT (kg)				Displ. (kg)	Titik berat		Sarat, T (m)
			Bbm (kg)	Air (kg)	Prov. (kg)	Muat (kg)		LCG	KG	
0	Desain	7820	407	1250	600	1723	11800	7.15	1.34	0.694
1	Bkt dari pelabuhan	7820	407	1250	600	0	10077	5.83	1.18	0.593
2	Menuju fishingground	7820	365	1000	540	0	9725	5.67	1.14	0.572
3	Menangkap ikan di FG	7820	184	750	480	862	10096	6.13	1.18	0.594
4	Meninggalkan FG	7820	113	375	420	1723	10451	6.57	1.22	0.615
5	Tiba di pelabuhan	7820	42	125	330	1723	10040	6.38	1.18	0.590

LAMPIRAN 2: SEAKEEPING

I. Hasil perhitungan Seakeeping dengan metode Difraksi

1. Hasil perhitungan respon gerakan Heave, Roll dan Pitch Kapal ikan katamaran tenaga mesin (K1) diperlihatkan pada Tabel 1.

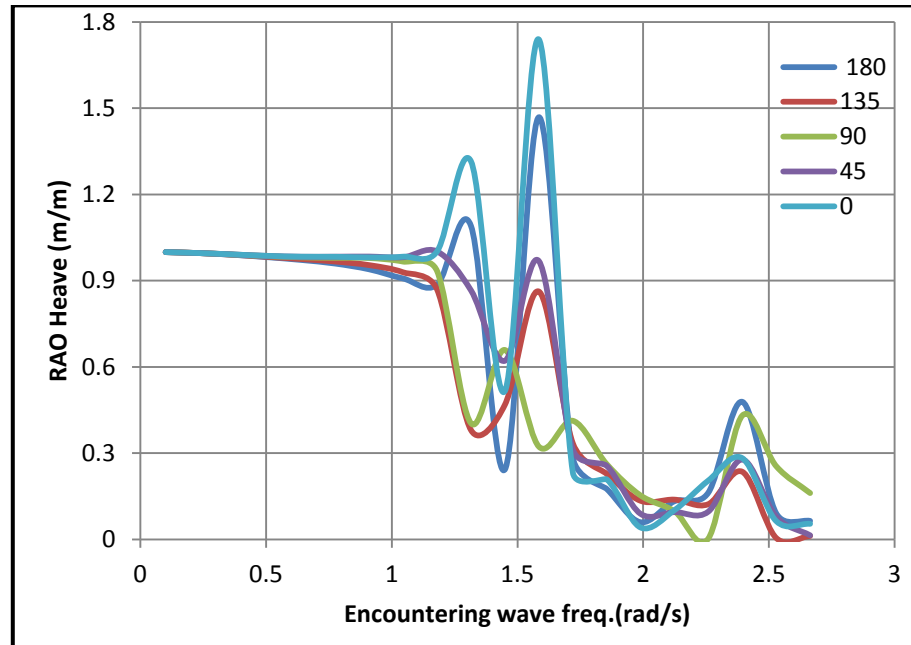
Tabel 9.1. *Resume* RAO K1 kondisi operasional

Konfigurasi Kapal ikan	Moda Gerakan	Unit	RAO Maksimum					Nilai maksimum
			0°	45°	90°	135°	180°	
K1-1	Heave	m/m	1.65	1.00	1.00	1.00	1.42	1.65
	Roll	rad	10.43	10.97	19.46	11.92	4.38	19.46
	Pitch	rad	42.07	23.34	4.53	14.92	30.50	42.07
K1-2	Heave	m/m	1.74	1.00	1.00	1.00	1.46	1.74
	Roll	rad	10.80	10.97	19.48	11.92	4.57	19.48
	Pitch	rad	43.47	24.06	4.46	15.50	31.60	43.47
K1-3	Heave	m/m	1.68	1.00	1.00	1.00	1.43	1.68
	Roll	rad	10.57	10.97	19.47	11.93	4.45	19.47
	Pitch	rad	42.60	23.62	5.71	15.14	30.90	42.60
K1-4	Heave	m/m	1.62	1.00	1.00	1.00	1.40	1.62
	Roll	rad	10.30	10.96	19.45	11.92	4.32	19.45
	Pitch	rad	41.58	23.09	5.68	14.73	30.10	41.58
K1-5	Heave	m/m	1.72	1.00	1.00	1.00	1.45	1.72
	Roll	rad	10.70	10.97	19.48	11.92	4.52	19.48
	Pitch	rad	43.11	23.88	5.72	15.35	31.30	43.11

Tabel 9.2. Data properti K1-2

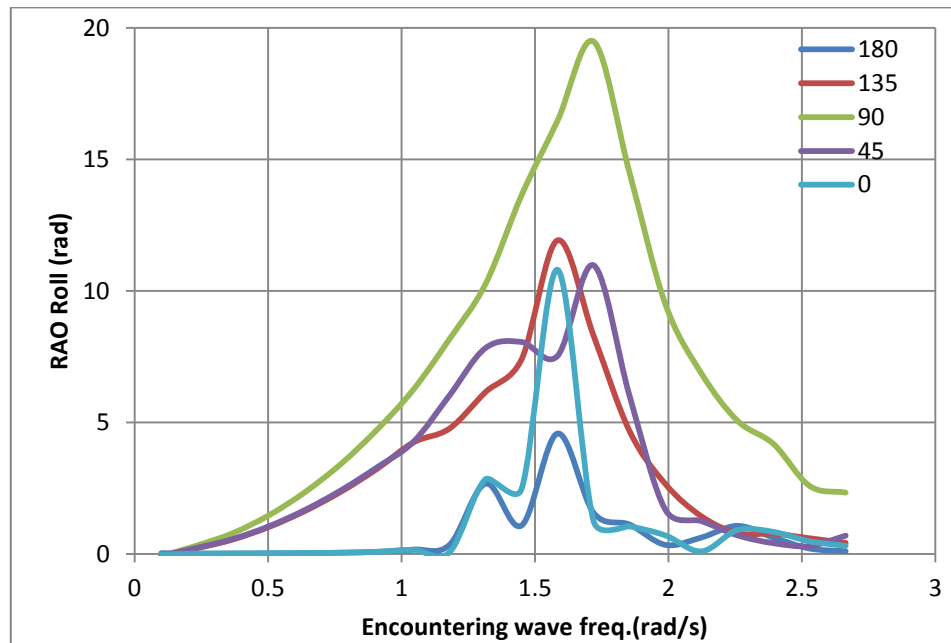
Details of K1	
Name	K1
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.557 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	9479 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	76831.171911 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	166334.847359 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	166334.847359 kg.m ²

Kondisi operasional kapal ikan yang dianggap paling kritis adalah saat kapal ikan menuju lokasi penangkapan ikan (K1-2) karena mempunyai sarat air (draught) yang paling rendah dengan nilai RAO paling maksimum jika dibandingkan dengan kondisi operasional yang lainnya. Respon gerak K1-2 diperlihatkan pada Gambar 1, 2, 3.



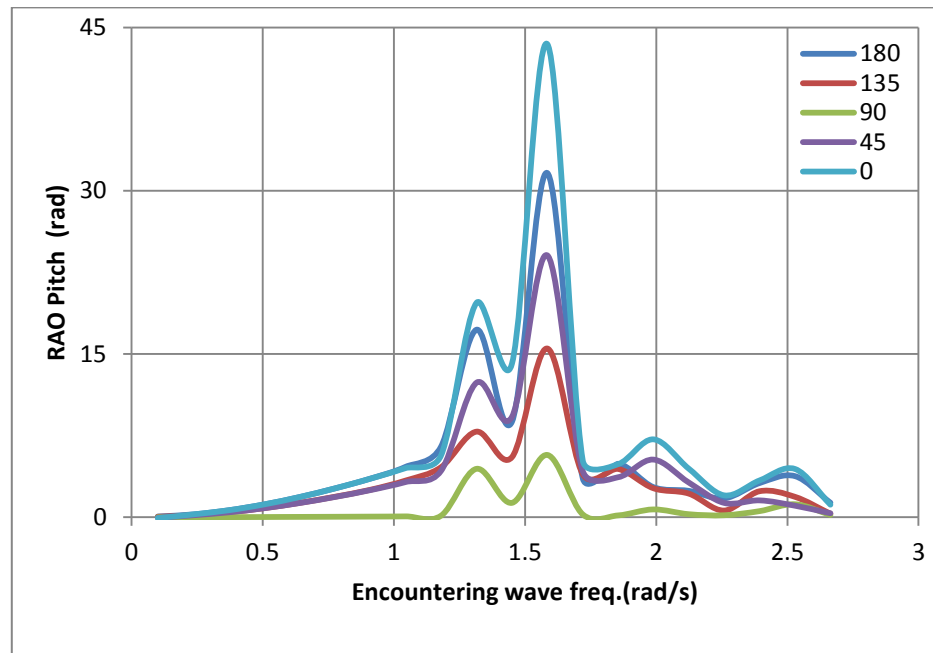
Gambar 9.1. Gerak Heave K1-2

Gambar 9.1 memperlihatkan hubungan antara Encountering wave freq. dengan RAO gerak Heave pada Konfigurasi 1 kondisi 2 (K1-2) kapal ikan katamaran. Pada gerak Heave ini amplitudo terbesar terjadi pada heading 0 deg. dan terkecil pada heading 90 deg.



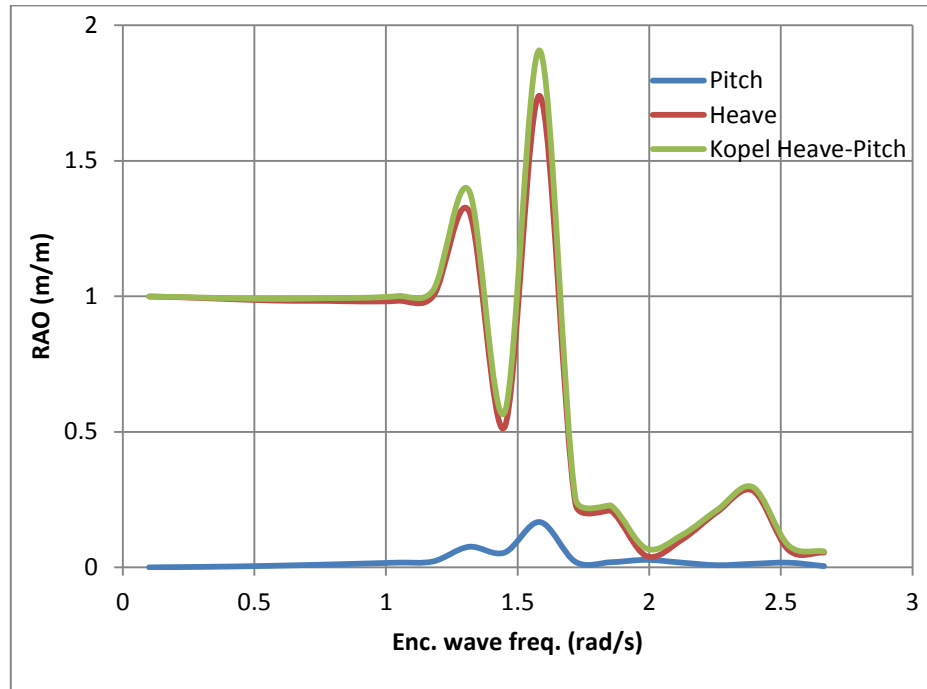
Gambar 9.2. Gerak Roll K1-2

Gambar 9.2 memperlihatkan hubungan antara Encountering wave freq. dengan RAO gerak Roll K1-2. Pada gerak Roll ini amplitudo terbesar terjadi pada heading 90° dan terkecil pada heading 180° .



Gambar 9.3. Gerak Pitch K1-2

Gambar 9.3 memperlihatkan hubungan antara Encountering wave freq. dengan RAO gerak Pitch K1-2. Pada gerak Pitch ini amplitudo terbesar terjadi pada heading 0° dan terkecil pada heading 90° .



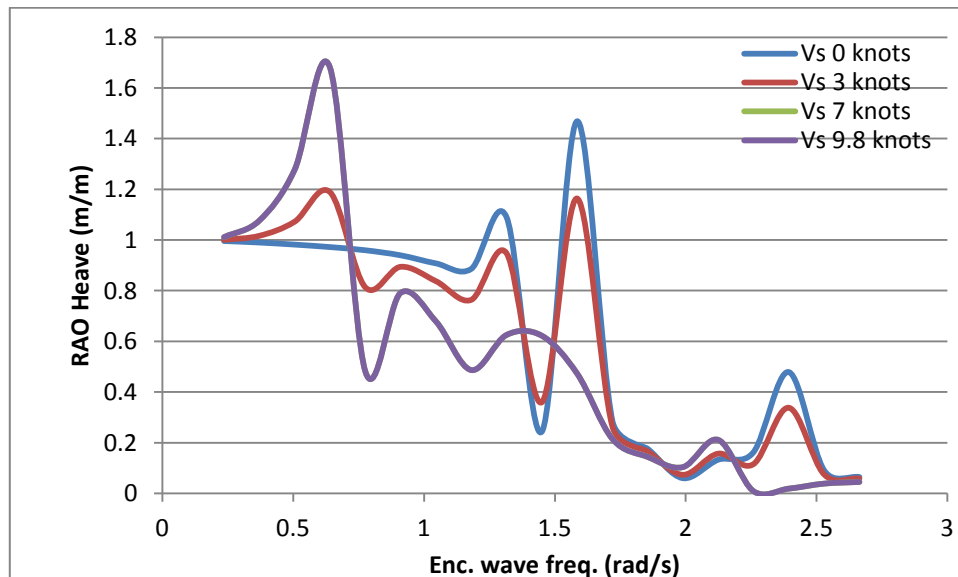
Gambar 9.4. Gerak kopel Heve-Pitch K1-2

Gambar 9.4 memperlihatkan gerak kopel Heve-Pitch kapal ikan dengan penggerak mesin (K1-2).

Tabel 9.3. Resume data K1-2

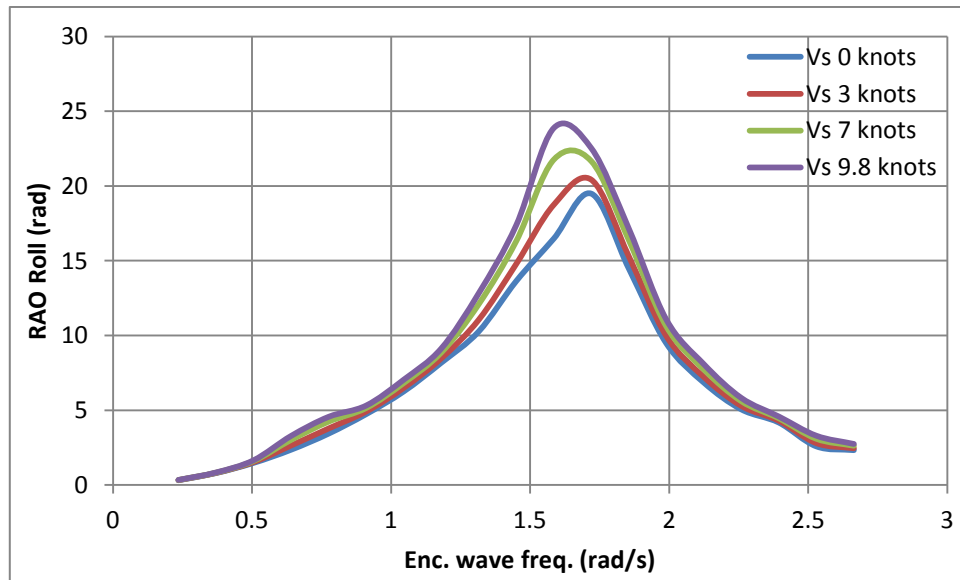
Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K1-2	Heave	0	-	1.47	m/m
		3	-	1.19	m/m
		7	-	1.48	m/m
		9.8	-	1.68	m/m
	Roll	0	19.48	-	rad
		3	20.41	-	rad
		7	21.76	-	rad
		9.8	23.88	-	rad
	Pitch	0	-	31.63	rad
		3	-	22.89	rad
		7	-	11.24	rad
		9.8	-	10.99	rad

Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran K1-2 ini dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.



Gambar 9.5. Trend perubahan Gerak Heave K1-2

Gambar 9.5 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K1-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

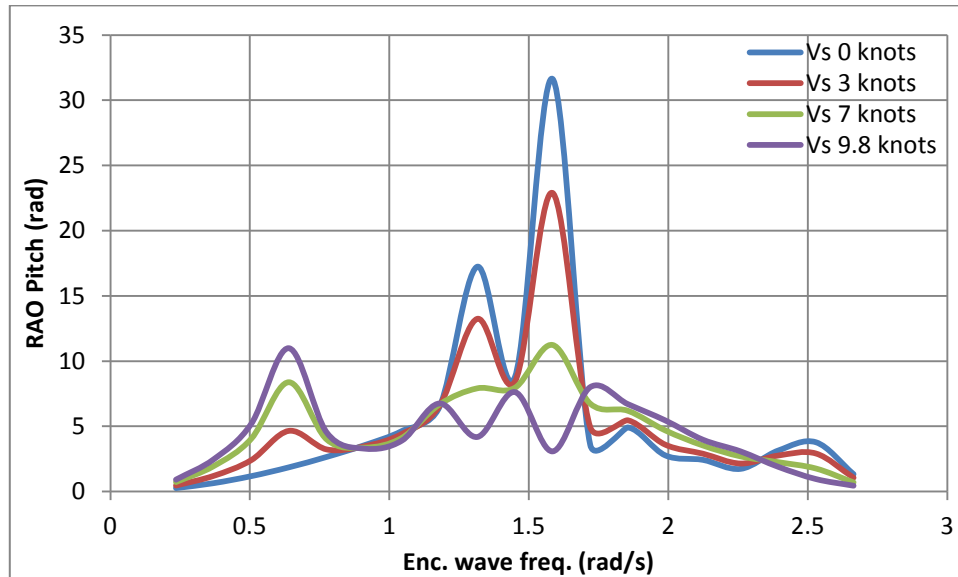


Gambar 9.6. Trend perubahan Gerak Roll K1-2

Gambar 9.6 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K1-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.4. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K1-2	Roll	0	19.48	3.1
		3	20.41	3.2
		7	21.76	3.5
		9.8	23.88	3.8



Gambar 9.7. Trend perubahan Gerak Pitch Konfigurasi K1-2

Gambar 9.7 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K1-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.5. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K1-2	Pitch	0	31.63	5.0	1.28	0.64
		3	22.89	3.6	0.92	0.46
		7	11.24	1.8	0.45	0.23
		9.8	10.99	1.7	0.44	0.22

Tabel 9.6. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K1-2	Heave - Pitch	0	1.47	0.64	2.11
		3	1.19	0.46	1.65
		7	1.48	0.23	1.71
		9.8	1.68	0.22	1.90

Pembahasan:

Respon gerak translasi K1-2 untuk gerakan *heave* pada heading 180° adalah sebesar 1.68 m/m pada Vs 9.8 knots sebesar 1.48 m/m pada Vs 7 knots, sebesar 1.19 m/m pada Vs 3 knots dan sebesar 1.47 m/m pada Vs 0 knots (terapung bebas/ diam). Respon gerakan *heave* ini mempunyai trend meningkat jika kecepatan kapal Vs bertambah.

Untuk respon gerak rotasi K1-2 untuk gerakan *roll* pada heading 90° adalah sebesar 19.48 rad saat kapal terapung bebas (Vs 0 knots) dan kapal akan mengalami keolengan dengan sudut oleng sekitar $19.48 \times 57.3/360 = 3.10^\circ$, sebesar 20.41 rad pada Vs 3 knots dengan sudut oleng sekitar 3.28° , sebesar 21.76 rad pada Vs 7 knots dengan sudut oleng sekitar 3.25° dan sebesar 23.88 rad pada Vs 9.8 knots dengan sudut oleng sekitar 3.80° . Respon gerakan *roll* ini mempunyai trend naik jika kecepatan kapal Vs meningkat.

Sedangkan respon gerak rotasi K1-2 untuk gerakan *pitch* pada heading 180° adalah sebesar 31.63 rad saat kapal terapung bebas (Vs 0 knots) dan kapal akan mengalami trim dengan sudut trim ϕ sebesar 5.03° dan trim sebesar $L \tan 5.03^\circ = 1.28$ m atau trim rata-rata sebesar 0.64 m sehingga gerakan kopel (*heave* dan *pitch*) yang terjadi adalah sebesar $1.46 + 0.64 = 2.10$ m. sebesar 22.89 rad pada Vs 3 knots dengan sudut trim sekitar 3.64° dengan kopel sebesar 1.65 m, sebesar 11.24 rad pada Vs 7 knots dengan sudut trim sekitar 2.70° dengan kopel sebesar 1.82 m dan sebesar 10.99 rad pada Vs 9.8 knots dengan sudut trim sekitar 1.75° dengan kopel sebesar 1.84 m. Respon gerakan *pitch* ini mempunyai trend menurun jika kecepatan kapal Vs meningkat.

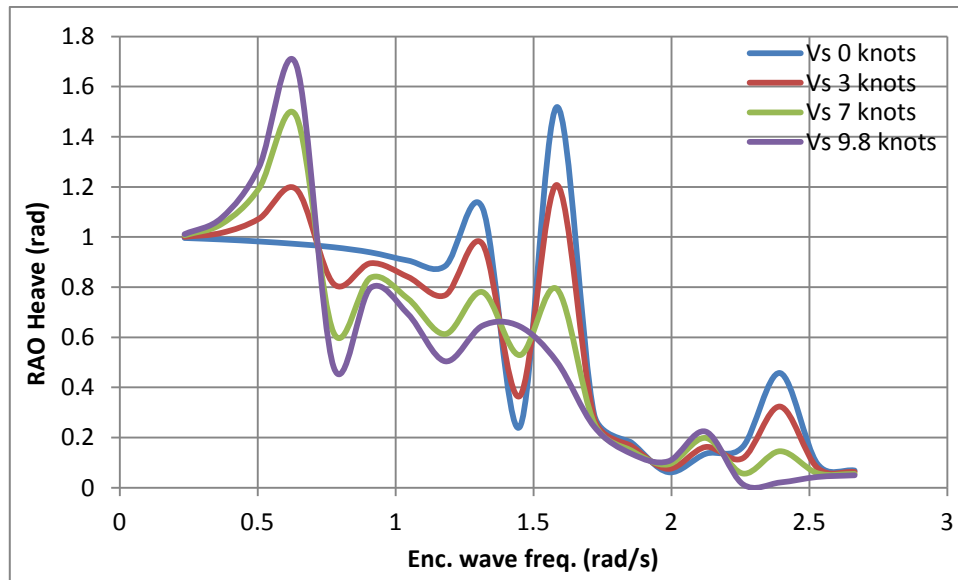
2. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran ini (K2-2) dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.7. Data properti K2-2.

Details of K2	
Name	K2
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.523 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	8901 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	72146.245509 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	156192.264621 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	156192.264621 kg.m ²

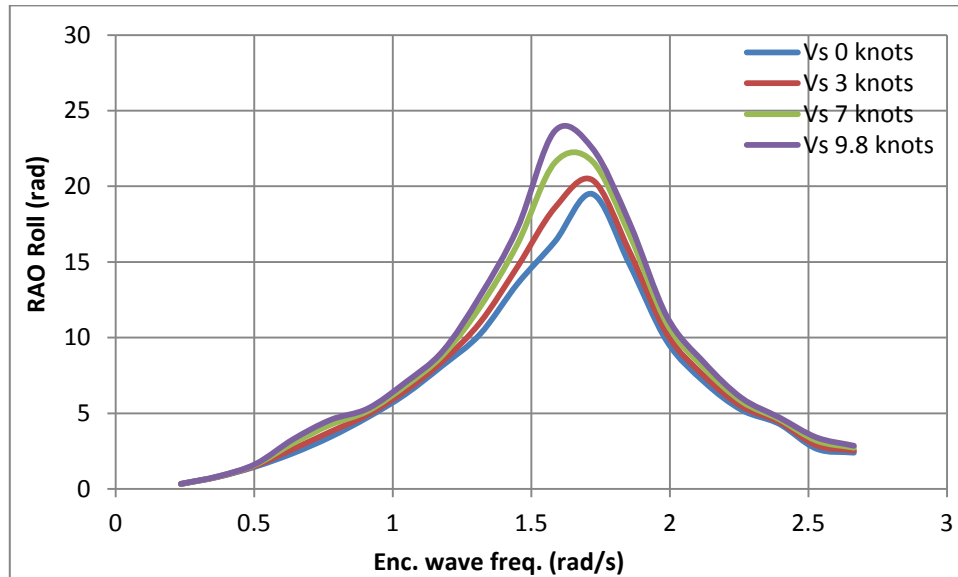
Tabel 9.8. Resume data K2-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K2-2	Heave	0	-	1.52	m/m
		3	-	1.21	m/m
		7	-	1.48	m/m
		9.8	-	1.68	m/m
	Roll	0	19.49	-	rad
		3	20.42	-	rad
		7	21.57	-	rad
		9.8	23.66	-	rad
	Pitch	0	-	32.80	rad
		3	-	23.82	rad
		7	-	11.85	rad
		9.8	-	11.03	rad



Gambar 9.8. Trend perubahan Gerak Heave K2-2

Gambar 9.8 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K2-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

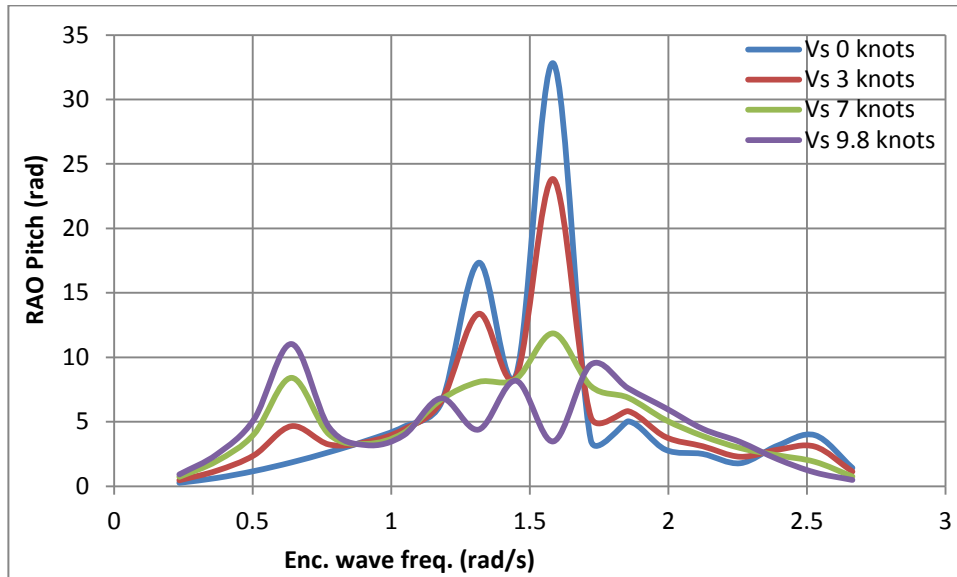


Gambar 9.9. Trend perubahan Gerak Roll Konfigurasi 2

Gambar 9.9 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K2-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.9. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K2-2	Roll	0	19.49	3.1
		3	20.42	3.3
		7	21.57	3.4
		9.8	23.66	3.8



Gambar 9.10. Trend perubahan Gerak Heave K2-2

Gambar 9.10 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K2-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.10. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K2-2	Pitch	0	32.80	5.2	1.32	0.66
		3	23.82	3.8	0.96	0.48
		7	11.85	1.9	0.48	0.24
		9.8	11.03	1.8	0.44	0.22

Tabel 9.11. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K2-2	Heave - Pitch	0	1.52	0.66	2.18
		3	1.21	0.48	1.69
		7	1.48	0.24	1.72
		9.8	1.68	0.22	1.90

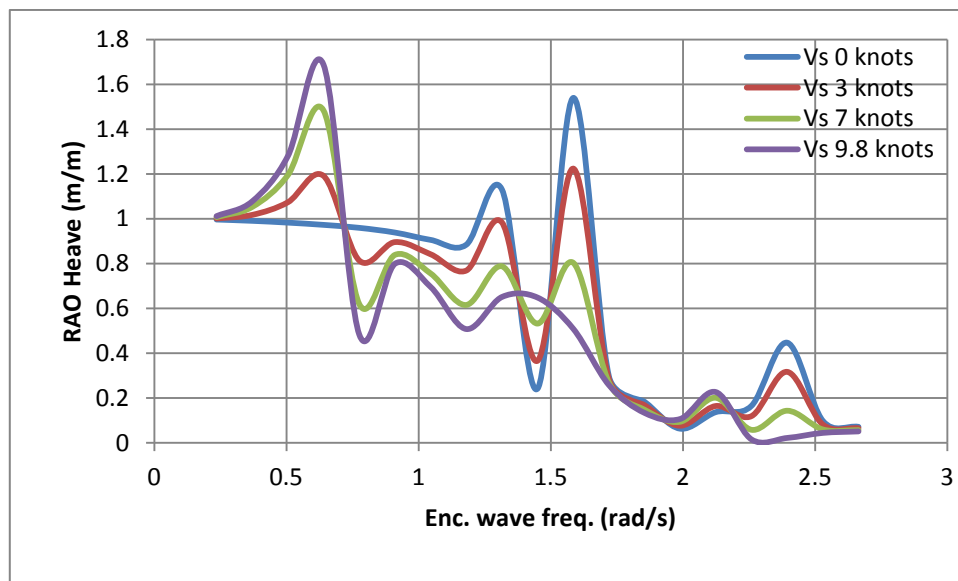
3. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran ini (K3-2) dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.12. Data properti K3-2.

Details of K3	
Name	K3
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.506 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	8610 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	69787.57149 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	151085.87781 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	151085.87781 kg.m ²

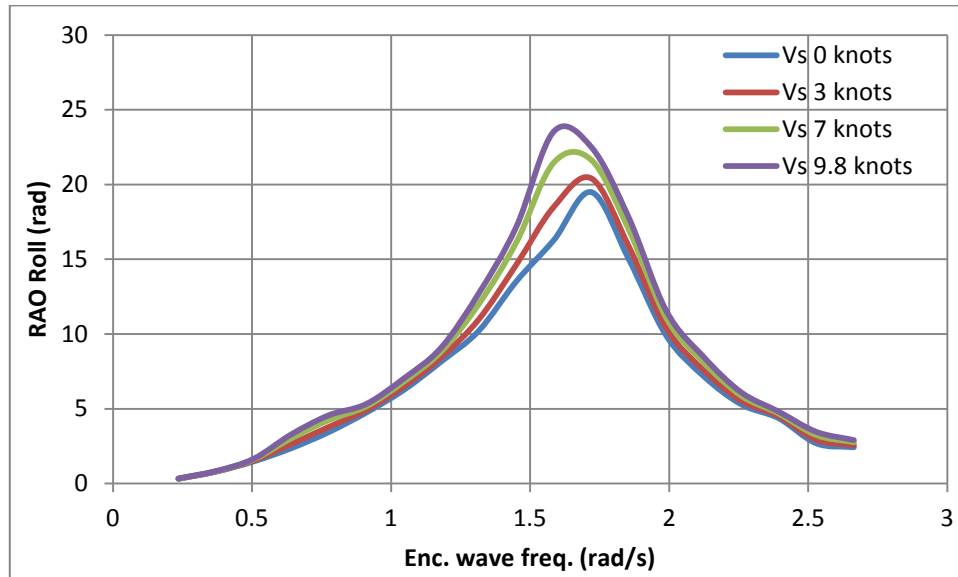
Tabel 9.13. Resume data K3-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K3-2	Heave	0	-	1.54	m/m
		3	-	1.22	m/m
		7	-	1.48	m/m
		9.8	-	1.69	m/m
	Roll	0	19.49	-	rad
		3	20.41	-	rad
		7	21.47	-	rad
		9.8	23.55	-	rad
	Pitch	0	-	33.29	rad
		3	-	24.19	rad
		7	-	12.05	rad
		9.8	-	11.04	rad



Gambar 9.11. Trend perubahan Gerak Heave K3-2

Gambar 9.11 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K3-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

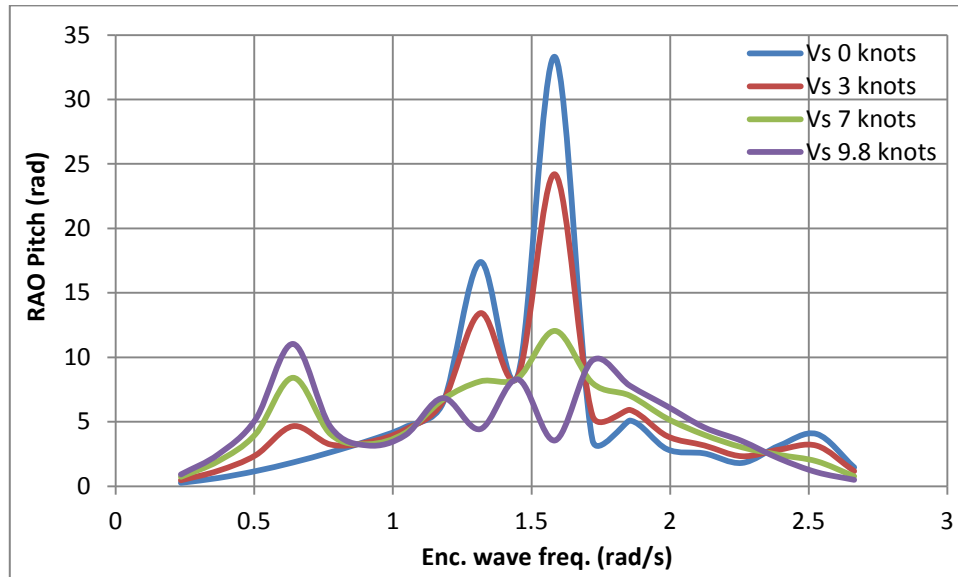


Gambar 9.12. Trend perubahan Gerak Roll K3-2

Gambar 9.12 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K3-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.14. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K3-2	Roll	0	19.49	3.1
		3	20.41	3.2
		7	21.47	3.4
		9.8	23.55	3.7



Gambar 9.13. Trend perubahan Gerak Heave K3-2

Gambar 9.13 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K3-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.15. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K3-2	Pitch	0	33.29	5.3	1.34	0.67
		3	24.19	3.9	0.98	0.49
		7	12.05	1.9	0.49	0.24
		9.8	11.04	1.8	0.44	0.22

Tabel 9.16. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K3-2	Heave - Pitch	0	1.54	0.67	2.21
		3	1.22	0.49	1.71
		7	1.48	0.24	1.72
		9.8	1.69	0.22	1.91

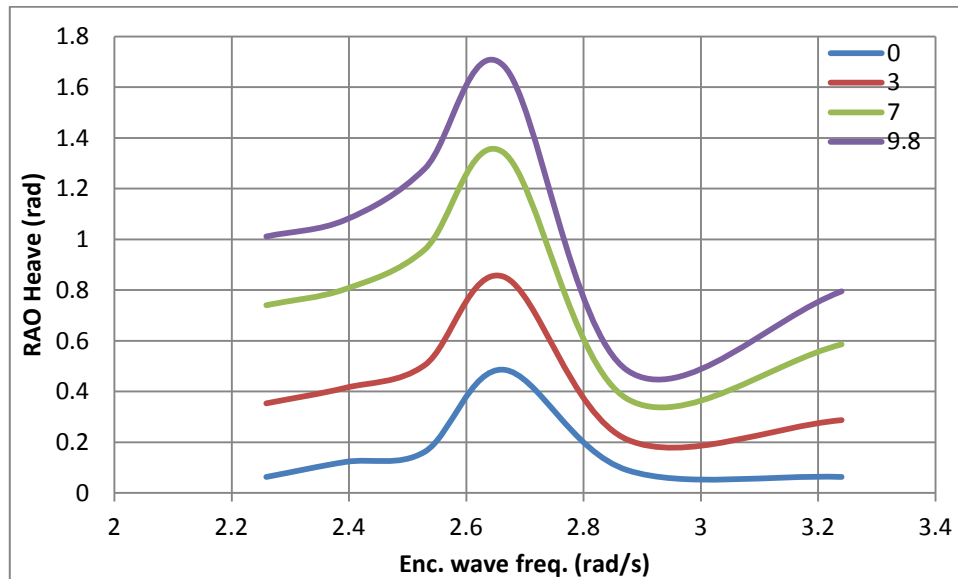
4. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran ini (K4-2) dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.17. Data properti K4-2.

Details of K4	
Name	K4
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.569 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	9672 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	78395.515848 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	169721.557512 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	169721.557512 kg.m ²

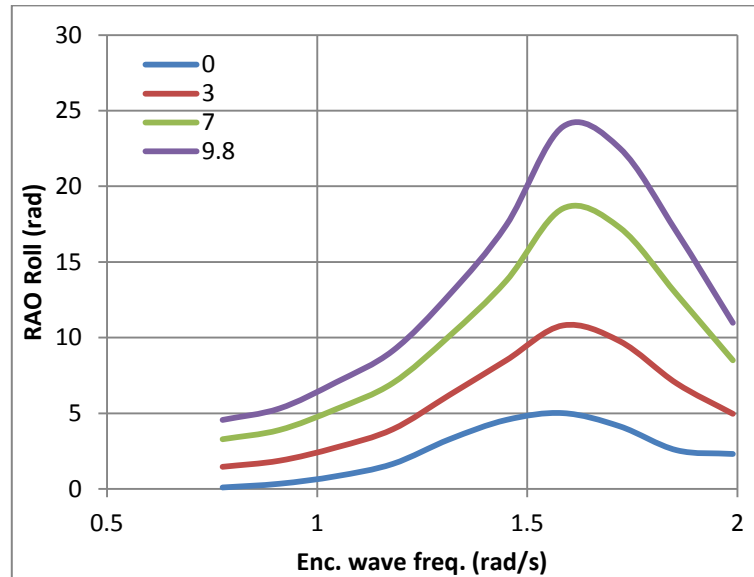
Tabel 9.18. Resume data K4-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K4-2	Heave	0	-	0.49	m/m
		3	-	0.85	m/m
		7	-	1.34	m/m
		9.8	-	1.68	m/m
	Roll	0	5.01	-	rad
		3	10.81	-	rad
		7	18.53	-	rad
		9.8	23.95	-	rad
	Pitch	0	-	3,72	rad
		3	-	5,95	rad
		7	-	8,93	rad
		9.8	-	11,01	rad



Gambar 9.14. Trend perubahan Gerak Heave K4-2

Gambar 9.14 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K4-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

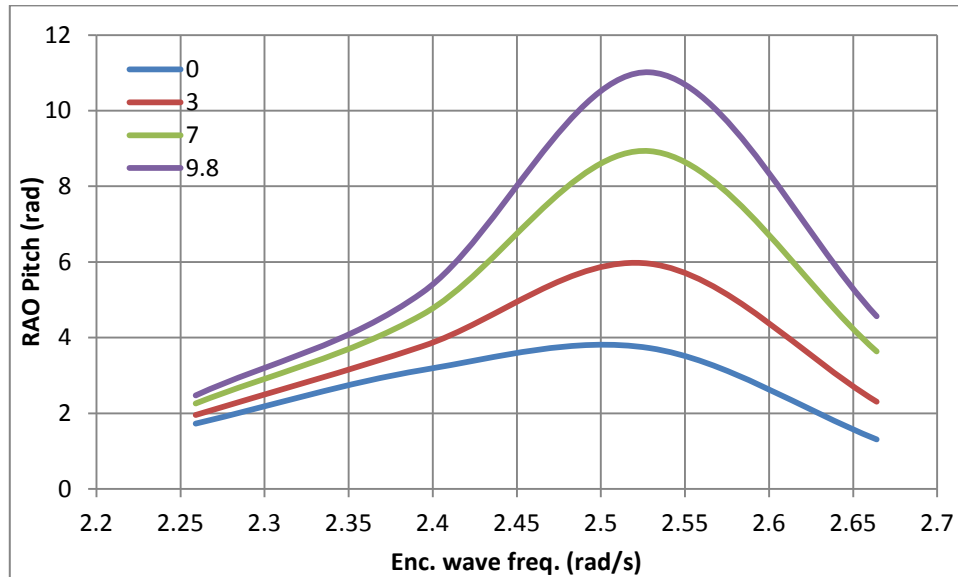


Gambar 9.15. Trend perubahan Gerak Roll K4-2

Gambar 9.15 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K4-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.19. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K4-2	Roll	0	5.01	0.8
		3	10.81	1.7
		7	18.53	2.9
		9.8	23.95	3.8



Gambar 9.16. Trend perubahan Gerak Heave K4-2

Gambar 9.16 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K4-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.20. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K4-2	Pitch	0	3.72	0.6	0.15	0.07
		3	5.95	0.9	0.24	0.12
		7	8.93	1.4	0.36	0.18
		9.8	11.01	1.8	0.44	0.22

Tabel 9.21. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K4-2	Heave - Pitch	0	0.49	0.07	0.56
		3	0.85	0.12	0.97
		7	1.34	0.18	1.52
		9.8	1.68	0.22	1.90

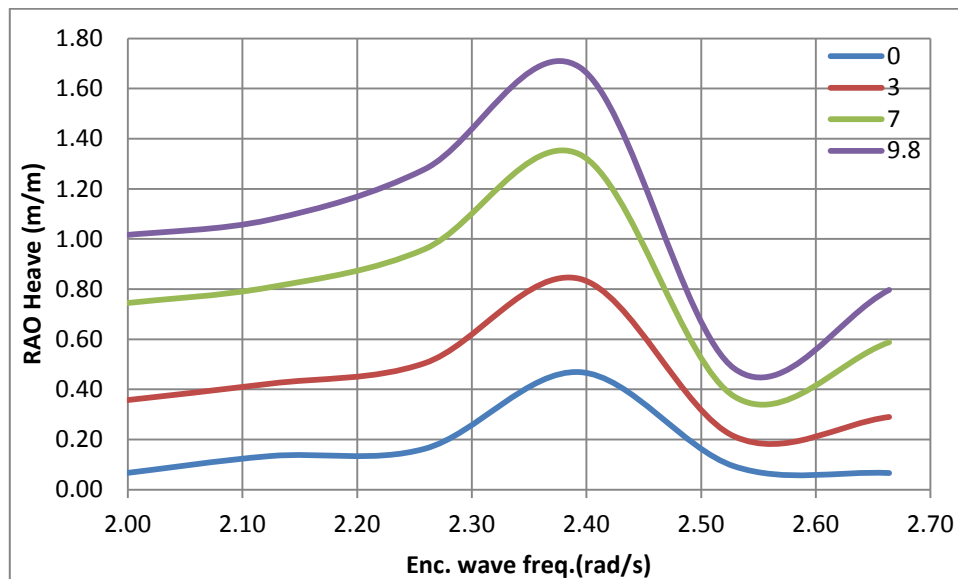
5. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran ini (K5-2) dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.22. Data properti K5-2.

Details of K5	
Name	K5
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.542 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	9212 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	74667.027708 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	161649.605852 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	161649.605852 kg.m ²

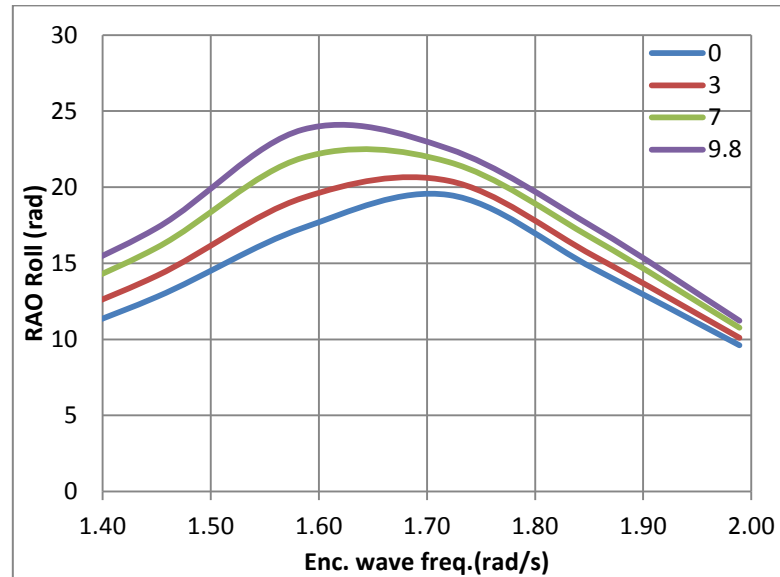
Tabel 9.23. Resume data K5-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K5-2	Heave	0	-	0.47	m/m
		3	-	0.84	m/m
		7	-	1.34	m/m
		9.8	-	1.69	m/m
	Roll	0	19.49	-	rad
		3	20.80	-	rad
		7	22.55	-	rad
		9.8	23.78	-	rad
	Pitch	0	-	4.97	rad
		3	-	6.82	rad
		7	-	9.29	rad
		9.8	-	11.02	rad



Gambar 9.17. Trend perubahan Gerak Heave K5-2

Gambar 9.17 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K5-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

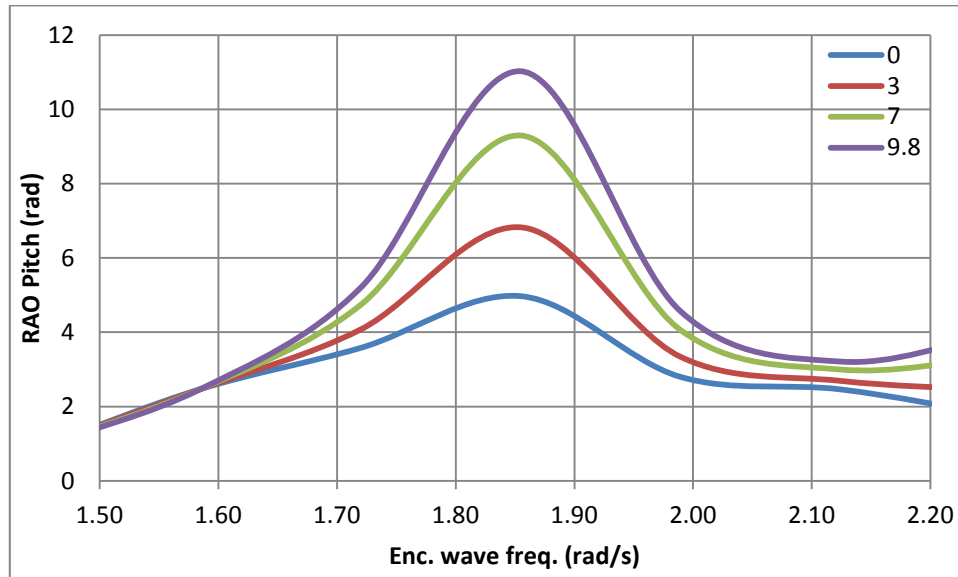


Gambar 9.18. Trend perubahan Gerak Roll K5-2

Gambar 9.18 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K5-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.24. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K5-2	Roll	0	19.49	3.1
		3	20.80	3.3
		7	22.55	3.6
		9.8	23.78	3.8



Gambar 9.19. Trend perubahan Gerak Heave K5-2

Gambar 9.19 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K5-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.25. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K5-2	Pitch	0	4.97	0.8	0.20	0.10
		3	6.82	1.1	0.27	0.14
		7	9.29	1.5	0.37	0.19
		9.8	11.02	1.8	0.44	0.22

Tabel 9.26. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K5-2	Heave - Pitch	0	0.47	0.10	0.57
		3	0.84	0.14	0.98
		7	1.34	0.19	1.53
		9.8	1.69	0.22	1.91

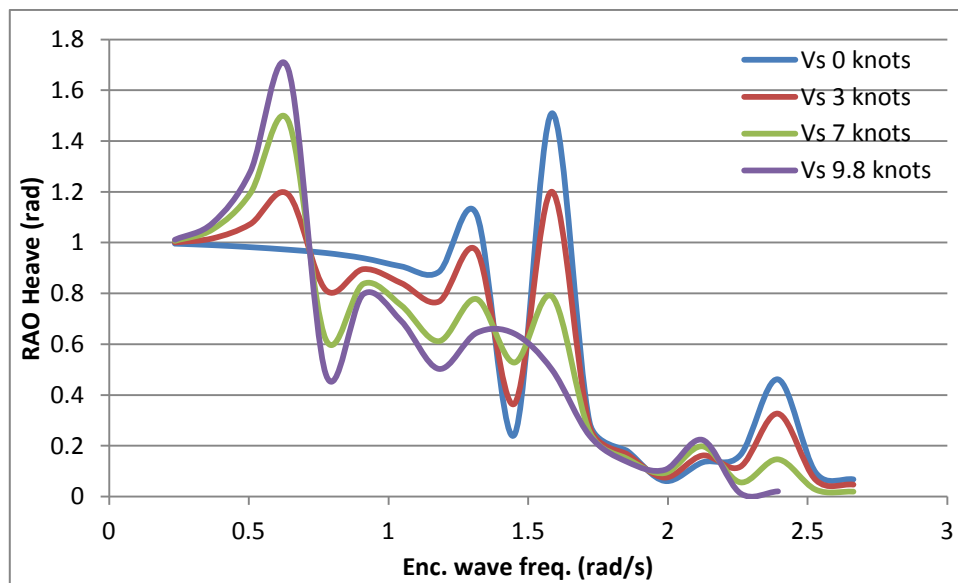
6. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran ini (K6-2) dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.27. Data properti K6-2.

Details of K6	
Name	K6
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.53 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	9016 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	73078.367544 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	158210.252536 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	158210.252536 kg.m ²

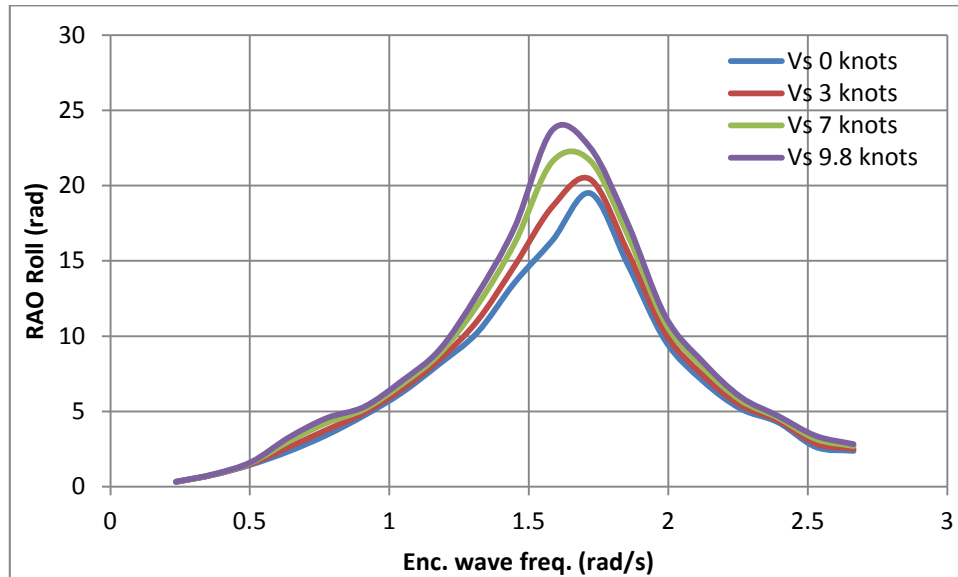
Tabel 9.28. Resume data K6-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K6-2	Heave	0	-	1,51	m/m
		3	-	1,56	m/m
		7	-	1,64	m/m
		9.8	-	1,69	m/m
	Roll	0	19,49	-	rad
		3	20,78	-	rad
		7	22,50	-	rad
		9.8	23,71	-	rad
	Pitch	0	-	32,58	rad
		3	-	25,98	rad
		7	-	17,19	rad
		9.8	-	11,03	rad



Gambar 9.20. Trend perubahan Gerak Heave K6-2

Gambar 9.20 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K6-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

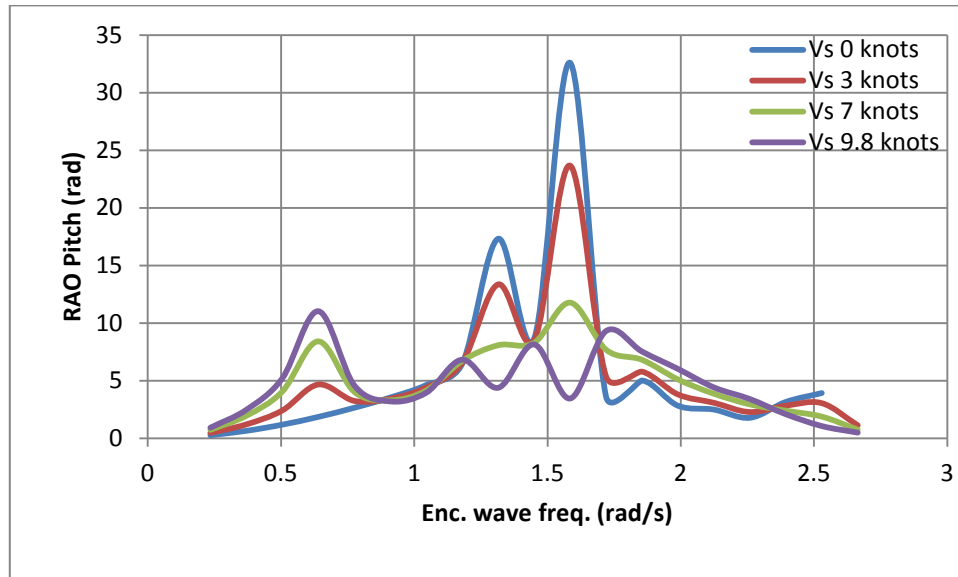


Gambar 9.21. Trend perubahan Gerak Roll K6-2

Gambar 9.21 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K6-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.29. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K6-2	Roll	0	19.49	3.1
		3	20.78	3.3
		7	22.50	3.6
		9.8	23.71	3.8



Gambar 9.22. Trend perubahan Gerak Heave K6-2

Gambar 9.22 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K6-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.30. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K6-2	Pitch	0	32.58	5.2	1.32	0.66
		3	25.98	4.1	1.05	0.52
		7	17.19	2.7	0.69	0.35
		9.8	11.03	1.8	0.44	0.22

Tabel 9.31. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K6-2	Heave - Pitch	0	1.51	0.66	2.17
		3	1.56	0.52	2.08
		7	1.64	0.35	1.99
		9.8	1.69	0.22	1.91

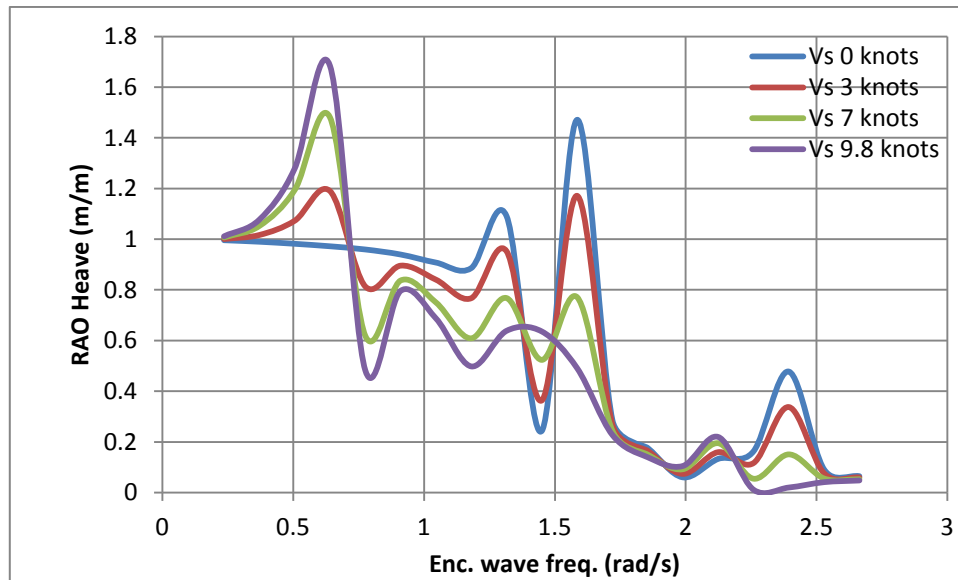
7. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran K7-2 dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.32. Data properti K7-2.

Details of K7	
Name	K7
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.556 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	9451 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	76604.220459 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	165843.511171 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	165843.511171 kg.m ²

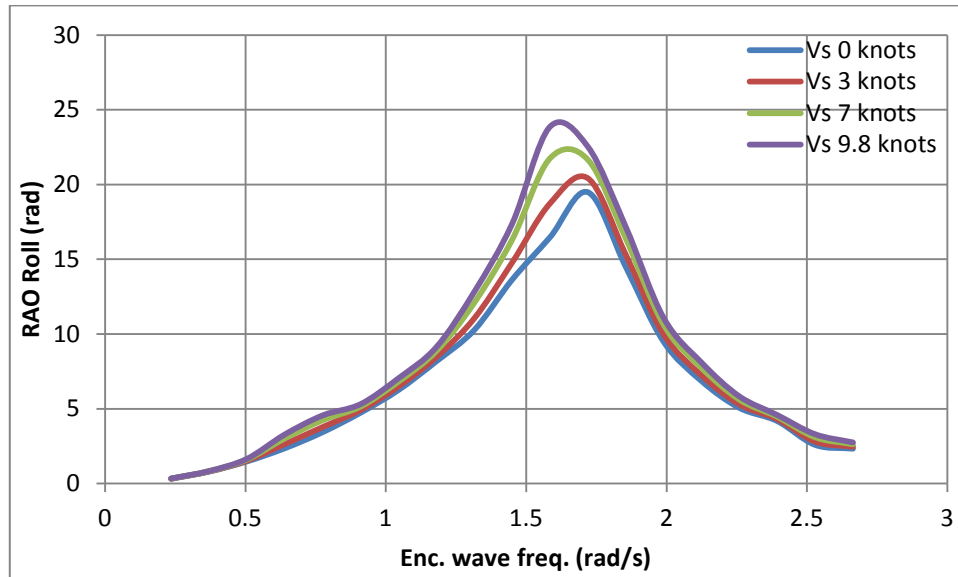
Tabel 9.33. Resume data K7-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K7-2	Heave	0	-	0.97	m/m
		3	-	1.19	m/m
		7	-	1.48	m/m
		9.8	-	1.68	m/m
	Roll	0	19.48	-	rad
		3	20.41	-	rad
		7	21.75	-	rad
		9.8	23.87	-	rad
	Pitch	0	-	31.69	rad
		3	-	23.01	rad
		7	-	11.44	rad
		9.8	-	11.02	rad



Gambar 9.23. Trend perubahan Gerak Heave K7-2

Gambar 9.23 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K7-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

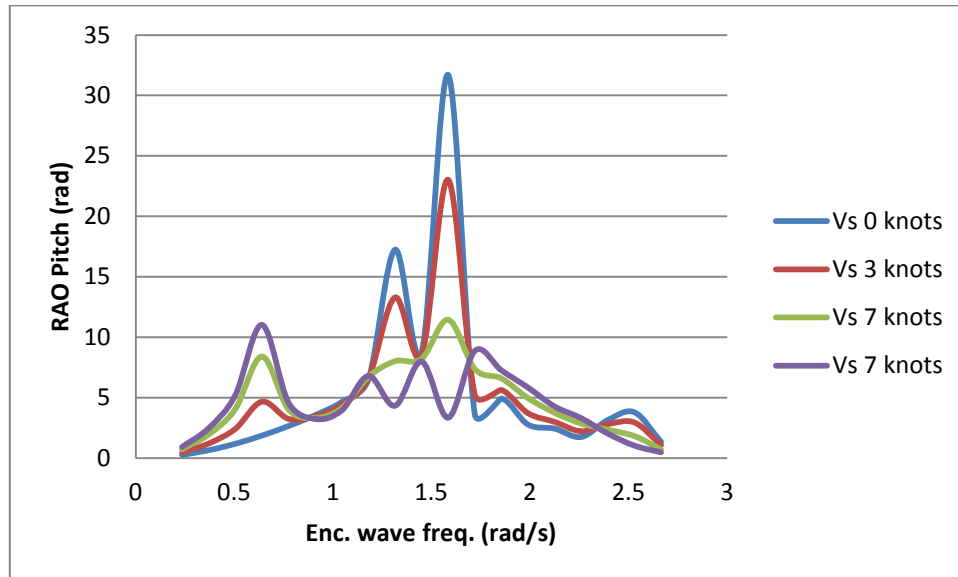


Gambar 9.24. Trend perubahan Gerak Roll K7-2

Gambar 9.24 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K7-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO meningkat.

Tabel 9.34. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K7-2	Roll	0	19.48	3,1
		3	20.41	3,2
		7	21.75	3,5
		9.8	23.87	3,8



Gambar 9.25. Trend perubahan Gerak Heave K7-2

Gambar 9.25 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K7-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO menurun.

Tabel 9.35. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K7-2	Pitch	0	31.08	4.9	1.26	0.63
		3	22.57	3.6	0.91	0.46
		7	11.21	1.8	0.45	0.23
		9.8	11.01	1.8	0.44	0.22

Tabel 9.36. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K7-2	Heave - Pitch	0	0.97	0.63	1.60
		3	1.19	0.46	1.65
		7	1.48	0.23	1.71
		9.8	1.68	0.22	1.90

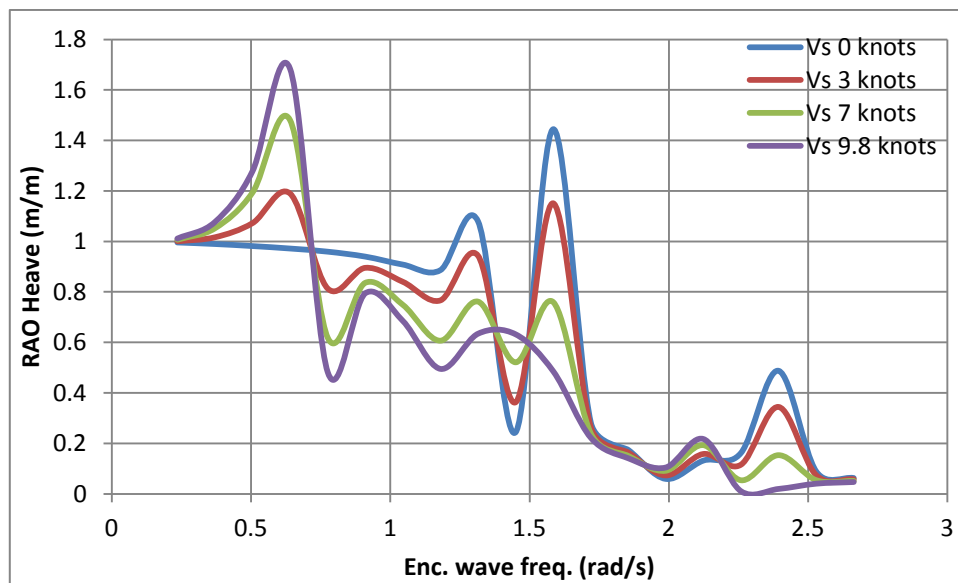
8. Pemeriksaan gerakan kapal ikan katamaran ini (K8-2) dilakukan berdasarkan hasil dari perhitungan RAO (*Respon Amplitude Operator*) saat terapung bebas/diam (V_s 0 knots) dan operasional (V_s 9.8 knots) dengan heading 90° untuk gerakan Roll dan 180° untuk gerakan Heave dan Pitch.

Tabel 9.37. Data properti K8-2.

Details of K8	
Name	K8
Visibility	Visible
Activity	Not Suppressed
<input type="checkbox"/> X	0.0 m
<input type="checkbox"/> Y	0.0 m
<input type="checkbox"/> Z	0.572 m
Mass Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Mass	9725 kg
Define Inertia Values ...	via Radius of Gyration
<input type="checkbox"/> Kxx	2.847 m
<input type="checkbox"/> Kyy	4.189 m
<input type="checkbox"/> Kzz	4.189 m
Ixx	78825.102525 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixy	0.0 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Ixz	0.0 kg.m ²
Iyy	170651.586725 kg.m ²
<input type="checkbox"/> Iyz	0.0 kg.m ²
Izz	170651.586725 kg.m ²

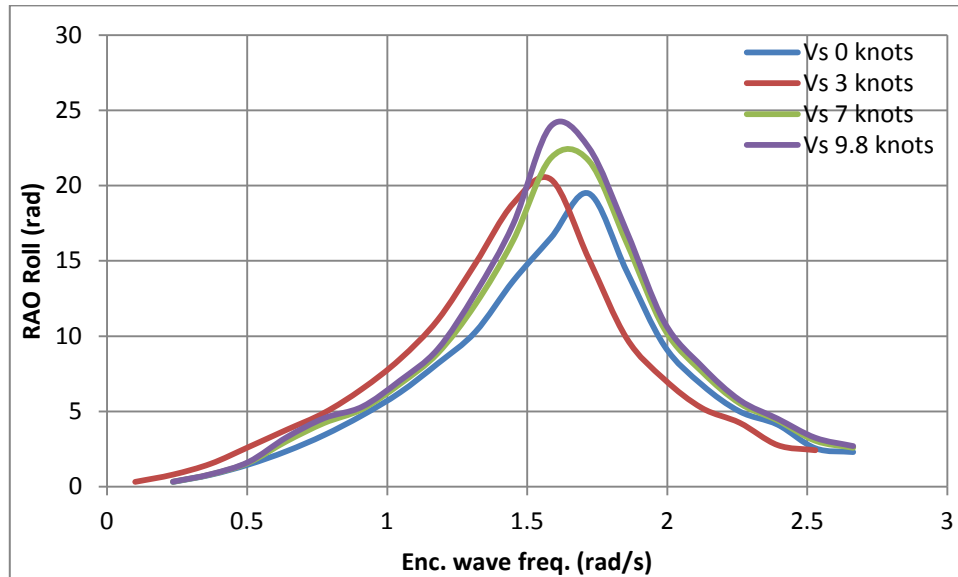
Tabel 9.38. Resume data K8-2

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO 90°	RAO 180°	Unit
K8-2	Heave	0	-	1.44	m/m
		3	-	1.19	m/m
		7	-	1.48	m/m
		9.8	-	1.68	m/m
	Roll	0	19.47	-	rad
		3	20.41	-	rad
		7	21.84	-	rad
		9.8	23.96	-	rad
	Pitch	0	-	31.08	rad
		3	-	22.57	rad
		7	-	11.21	rad
		9.8	-	11.01	rad



Gambar 9.26. Trend perubahan Gerak Heave K8-2

Gambar 9.26 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Heave heading 180° K8-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO gerak Heave meningkat.

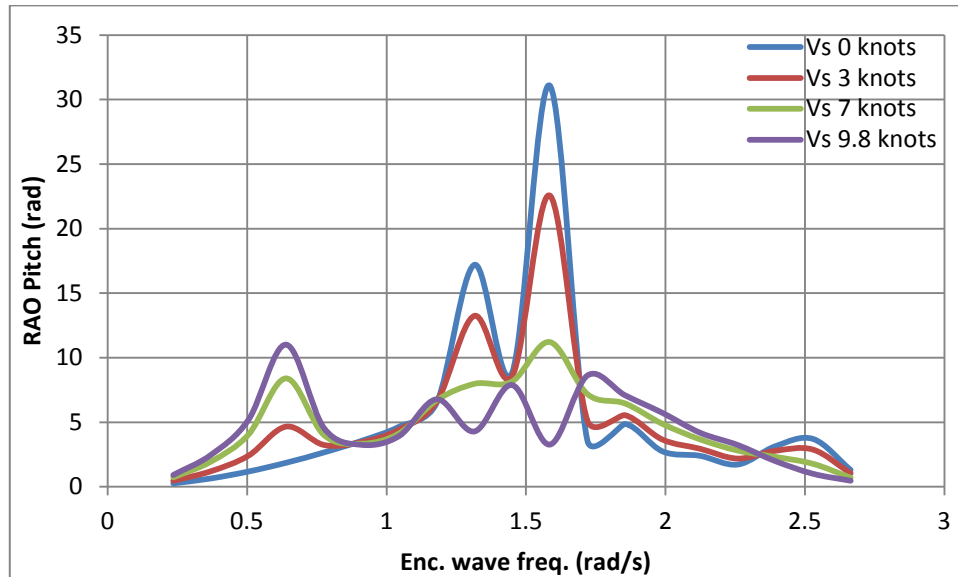


Gambar 9.27. Trend perubahan Gerak Roll K8-2

Gambar 0.27 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Roll heading 90° K8-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO gerak Roll meningkat.

Tabel 9.39. Data RAO dan Sudut oleng ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Roll (rad)	Sudut oleng ϕ (deg)
K8-2	Roll	0	19.47	3.1
		3	20.41	3.2
		7	21.84	3.5
		9.8	23.96	3.8



Gambar 9.28. Trend perubahan Gerak Heave K8-2

Gambar 9.28 memperlihatkan trend perubahan RAO gerak Pitch heading 180° K8-2. Semakin besar kecepatan kapal, maka nilai RAO gerak Pitch menjadi turun.

Tabel 9.40. Data RAO dan Sudut trim ϕ

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Pitch (rad)	Sudut trim ϕ (deg)	Trim (m)	Trim rata-rata Ta Tf (m)
K8-2	Pitch	0	31.08	4,9	1.24	0.62
		3	22.57	3,6	0.90	0.45
		7	11.21	1,8	0.46	0.23
		9.8	11.01	1,8	0.46	0.23

Tabel 9.41. Data kopel Heave-Pitch

Konfigurasi	Moda gerakan	Kec. kapal (knots)	RAO Heave (m)	RAO Pitch (m)	Kopel Heave-Pitch (m)
K8-2	Heave - Pitch	0	1.44	0.62	2.06
		3	1.19	0.45	1.64
		7	1.48	0.23	1.71
		9.8	1.68	0.23	1.91

II. Hasil perhitungan Seakeeping dengan metode Beantly Motion

1. Konfigurasi kapal ikan katamaran tanpa Layar:

a. Dep.Port

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8,613	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,018	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.386	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m ²	0.115	m	0.231	m
Roll motion	0.00030	rad ²	0.01743	rad	0.03486	rad
Pitch motion	0.00002	rad ²	0.00500	rad	0.01000	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.088	m/s	0.175	m/s
Roll velocity	0.00238	(rad/s) ²	0.04878	rad/s	0.09756	rad/s
Pitch velocity	0.00004	(rad/s) ²	0.00656	rad/s	0.01313	rad/s
Heave acceleration	0.007	m ² /s ⁴	0.083	m/s ²	0.166	m/s ²
Roll acceleration	0.02716	(rad/s/s) ²	0.16481	rad/s/s	0.32962	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00010	(rad/s/s) ²	0.01002	rad/s/s	0.02004	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8,613	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,018	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.444	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m ²	0.116	m	0.233	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00006	rad ²	0.00797	rad	0.01594	rad
Heave velocity	0.009	m ² /s ²	0.097	m/s	0.195	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00010	(rad/s) ²	0.01018	rad/s	0.02036	rad/s
Heave acceleration	0.010	m ² /s ⁴	0.100	m/s ²	0.200	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00029	(rad/s/s) ²	0.01702	rad/s/s	0.03405	rad/s/s

b. Port – FG

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	8,181	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,813	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.393	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m ²	0.117	m	0.235	m
Roll motion	0.00051	rad ²	0.02257	rad	0.04513	rad
Pitch motion	0.00002	rad ²	0.00406	rad	0.00812	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.091	m/s	0.181	m/s
Roll velocity	0.00638	(rad/s) ²	0.07985	rad/s	0.15970	rad/s
Pitch velocity	0.00003	(rad/s) ²	0.00538	rad/s	0.01076	rad/s
Heave acceleration	0.008	m ² /s ⁴	0.088	m/s ²	0.177	m/s ²
Roll acceleration	0.10251	(rad/s/s) ²	0.32017	rad/s/s	0.64035	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00009	(rad/s/s) ²	0.00933	rad/s/s	0.01866	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	8,181	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,813	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.571	kN	--		--	
Heave motion	0.055	m ²	0.235	m	0.469	m
Roll motion	0.00204	rad ²	0.04513	rad	0.09027	rad
Pitch motion	0.00007	rad ²	0.00812	rad	0.01623	rad
Heave velocity	0.033	m ² /s ²	0.181	m/s	0.363	m/s
Roll velocity	0.02550	(rad/s) ²	0.15970	rad/s	0.31940	rad/s
Pitch velocity	0.00012	(rad/s) ²	0.01076	rad/s	0.02151	rad/s
Heave acceleration	0.031	m ² /s ⁴	0.177	m/s ²	0.354	m/s ²
Roll acceleration	0.41004	(rad/s/s) ²	0.64035	rad/s/s	1.28069	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00035	(rad/s/s) ²	0.01866	rad/s/s	0.03733	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	8,181	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,813	m	--		--	
Wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Enc. wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Added resistance	12.535	kN	--		--	
Heave motion	0.124	m ²	0.352	m	0.704	m
Roll motion	0.00458	rad ²	0.06770	rad	0.13540	rad
Pitch motion	0.00015	rad ²	0.01217	rad	0.02435	rad
Heave velocity	0.074	m ² /s ²	0.272	m/s	0.544	m/s
Roll velocity	0.05738	(rad/s) ²	0.23955	rad/s	0.47910	rad/s
Pitch velocity	0.00026	(rad/s) ²	0.01614	rad/s	0.03227	rad/s
Heave acceleration	0.070	m ² /s ⁴	0.265	m/s ²	0.530	m/s ²
Roll acceleration	0.92260	(rad/s/s) ²	0.96052	rad/s/s	1.92104	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00078	(rad/s/s) ²	0.02800	rad/s/s	0.05599	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	8,181	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,813	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.390	kN	--		--	
Heave motion	0.015	m ²	0.121	m	0.241	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00004	rad ²	0.00598	rad	0.01196	rad
Heave velocity	0.016	m ² /s ²	0.125	m/s	0.250	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00011	(rad/s) ²	0.01037	rad/s	0.02074	rad/s
Heave acceleration	0.029	m ² /s ⁴	0.170	m/s ²	0.340	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00060	(rad/s/s) ²	0.02448	rad/s/s	0.04897	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	8,181	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,813	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.560	kN	--		--	
Heave motion	0.058	m ²	0.241	m	0.482	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00014	rad ²	0.01196	rad	0.02392	rad
Heave velocity	0.062	m ² /s ²	0.250	m/s	0.500	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00043	(rad/s) ²	0.02074	rad/s	0.04148	rad/s
Heave acceleration	0.116	m ² /s ⁴	0.340	m/s ²	0.680	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00240	(rad/s/s) ²	0.04897	rad/s/s	0.09794	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	8,181	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,813	m	--		--	
Wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Enc. wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Added resistance	12.511	kN	--		--	
Heave motion	0.131	m ²	0.362	m	0.723	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00032	rad ²	0.01794	rad	0.03587	rad
Heave velocity	0.140	m ² /s ²	0.375	m/s	0.749	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00097	(rad/s) ²	0.03111	rad/s	0.06223	rad/s
Heave acceleration	0.260	m ² /s ⁴	0.510	m/s ²	1.020	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00540	(rad/s/s) ²	0.07345	rad/s/s	0.14690	rad/s/s

c. FG

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.982	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,199	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,074	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.519	kN	--		--	
Heave motion	0.052	m ²	0.229	m	0.457	m
Roll motion	0.00164	rad ²	0.04047	rad	0.08094	rad
Pitch motion	0.00008	rad ²	0.00908	rad	0.01816	rad
Heave velocity	0.030	m ² /s ²	0.174	m/s	0.349	m/s
Roll velocity	0.01606	(rad/s) ²	0.12673	rad/s	0.25347	rad/s
Pitch velocity	0.00015	(rad/s) ²	0.01226	rad/s	0.02451	rad/s
Heave acceleration	0.028	m ² /s ⁴	0.166	m/s ²	0.332	m/s ²
Roll acceleration	0.21195	(rad/s/s) ²	0.46038	rad/s/s	0.92076	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00038	(rad/s/s) ²	0.01949	rad/s/s	0.03899	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.982	s	--		--	
Characteristic wave height	1.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,199	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,074	m	--		--	
Wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Enc. wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Added resistance	12.418	kN	--		--	
Heave motion	0.118	m ²	0.343	m	0.686	m
Roll motion	0.00369	rad ²	0.06071	rad	0.12141	rad
Pitch motion	0.00019	rad ²	0.01362	rad	0.02724	rad
Heave velocity	0.069	m ² /s ²	0.262	m/s	0.523	m/s
Roll velocity	0.03614	(rad/s) ²	0.19010	rad/s	0.38020	rad/s
Pitch velocity	0.00034	(rad/s) ²	0.01838	rad/s	0.03677	rad/s
Heave acceleration	0.062	m ² /s ⁴	0.249	m/s ²	0.498	m/s ²
Roll acceleration	0.47689	(rad/s/s) ²	0.69057	rad/s/s	1.38114	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00086	(rad/s/s) ²	0.02924	rad/s/s	0.05848	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.982	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,199	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,074	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc. wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.076	kN	--		--	
Heave motion	0.209	m ²	0.457	m	0.914	m
Roll motion	0.00655	rad ²	0.08094	rad	0.16188	rad
Pitch motion	0.00033	rad ²	0.01816	rad	0.03632	rad
Heave velocity	0.122	m ² /s ²	0.349	m/s	0.698	m/s
Roll velocity	0.06425	(rad/s) ²	0.25347	rad/s	0.50694	rad/s
Pitch velocity	0.00060	(rad/s) ²	0.02451	rad/s	0.04902	rad/s
Heave acceleration	0.110	m ² /s ⁴	0.332	m/s ²	0.664	m/s ²
Roll acceleration	0.84780	(rad/s/s) ²	0.92076	rad/s/s	1.84152	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00152	(rad/s/s) ²	0.03899	rad/s/s	0.07798	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.982	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,199	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,074	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.676	kN	--		--	
Heave motion	0.055	m ²	0.235	m	0.470	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00022	rad ²	0.01469	rad	0.02938	rad
Heave velocity	0.044	m ² /s ²	0.211	m/s	0.422	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00042	(rad/s) ²	0.02049	rad/s	0.04098	rad/s
Heave acceleration	0.057	m ² /s ⁴	0.238	m/s ²	0.477	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00148	(rad/s/s) ²	0.03845	rad/s/s	0.07689	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.982	s	--		--	
Characteristic wave height	1.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,199	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,074	m	--		--	
Wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Enc. wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Added resistance	12.771	kN	--		--	
Heave motion	0.124	m ²	0.352	m	0.704	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00049	rad ²	0.02203	rad	0.04407	rad
Heave velocity	0.100	m ² /s ²	0.316	m/s	0.633	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00094	(rad/s) ²	0.03074	rad/s	0.06147	rad/s
Heave acceleration	0.128	m ² /s ⁴	0.357	m/s ²	0.715	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00333	(rad/s/s) ²	0.05767	rad/s/s	0.11534	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.982	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,199	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	8,074	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc. wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.704	kN	--		--	
Heave motion	0.221	m ²	0.470	m	0.939	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00086	rad ²	0.02938	rad	0.05876	rad
Heave velocity	0.178	m ² /s ²	0.422	m/s	0.843	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00168	(rad/s) ²	0.04098	rad/s	0.08196	rad/s
Heave acceleration	0.227	m ² /s ⁴	0.477	m/s ²	0.953	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00591	(rad/s/s) ²	0.07689	rad/s/s	0.15378	rad/s/s

d. FG-Port

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.980	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	10.217	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7.489	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.371	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m ²	0.117	m	0.234	m
Roll motion	0.00073	rad ²	0.02707	rad	0.05414	rad
Pitch motion	0.00002	rad ²	0.00398	rad	0.00797	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.090	m/s	0.180	m/s
Roll velocity	0.00951	(rad/s) ²	0.09753	rad/s	0.19506	rad/s
Pitch velocity	0.00003	(rad/s) ²	0.00531	rad/s	0.01062	rad/s
Heave acceleration	0.008	m ² /s ⁴	0.088	m/s ²	0.176	m/s ²
Roll acceleration	0.14820	(rad/s/s) ²	0.38497	rad/s/s	0.76993	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00008	(rad/s/s) ²	0.00921	rad/s/s	0.01842	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.980	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	10.217	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7.489	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.484	kN	--		--	
Heave motion	0.055	m ²	0.234	m	0.468	m
Roll motion	0.00293	rad ²	0.05414	rad	0.10828	rad
Pitch motion	0.00006	rad ²	0.00797	rad	0.01594	rad
Heave velocity	0.033	m ² /s ²	0.180	m/s	0.361	m/s
Roll velocity	0.03805	(rad/s) ²	0.19506	rad/s	0.39012	rad/s
Pitch velocity	0.00011	(rad/s) ²	0.01062	rad/s	0.02123	rad/s
Heave acceleration	0.031	m ² /s ⁴	0.176	m/s ²	0.351	m/s ²
Roll acceleration	0.59280	(rad/s/s) ²	0.76993	rad/s/s	1.53986	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00034	(rad/s/s) ²	0.01842	rad/s/s	0.03684	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.975	s	--		--	
Characteristic wave height	1.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	10.217	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7.489	m	--		--	
Wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Enc. wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Added resistance	12.346	kN	--		--	
Heave motion	0.123	m ²	0.351	m	0.701	m
Roll motion	0.00661	rad ²	0.08127	rad	0.16254	rad
Pitch motion	0.00014	rad ²	0.01195	rad	0.02391	rad
Heave velocity	0.073	m ² /s ²	0.271	m/s	0.541	m/s
Roll velocity	0.08577	(rad/s) ²	0.29287	rad/s	0.58575	rad/s
Pitch velocity	0.00025	(rad/s) ²	0.01593	rad/s	0.03186	rad/s
Heave acceleration	0.069	m ² /s ⁴	0.264	m/s ²	0.527	m/s ²
Roll acceleration	1.33670	(rad/s/s) ²	1.15616	rad/s/s	2.31232	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00076	(rad/s/s) ²	0.02765	rad/s/s	0.05529	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.980	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	10,217	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7,489	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.370	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m ²	0.120	m	0.240	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00004	rad ²	0.00605	rad	0.01210	rad
Heave velocity	0.016	m ² /s ²	0.125	m/s	0.249	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00011	(rad/s) ²	0.01040	rad/s	0.02080	rad/s
Heave acceleration	0.029	m ² /s ⁴	0.169	m/s ²	0.338	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00059	(rad/s/s) ²	0.02438	rad/s/s	0.04876	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.980	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	10,217	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7,489	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.479	kN	--		--	
Heave motion	0.058	m ²	0.240	m	0.481	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00015	rad ²	0.01210	rad	0.02420	rad
Heave velocity	0.062	m ² /s ²	0.249	m/s	0.498	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00043	(rad/s) ²	0.02080	rad/s	0.04161	rad/s
Heave acceleration	0.114	m ² /s ⁴	0.338	m/s ²	0.676	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00238	(rad/s/s) ²	0.04876	rad/s/s	0.09752	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.975	s	--		--	
Characteristic wave height	1.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	10,217	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7,489	m	--		--	
Wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Enc. wave spectrum	0.141	m ²	0.376	m	0.751	m
Added resistance	12.336	kN	--		--	
Heave motion	0.130	m ²	0.361	m	0.721	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00033	rad ²	0.01816	rad	0.03632	rad
Heave velocity	0.140	m ² /s ²	0.374	m/s	0.747	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00097	(rad/s) ²	0.03122	rad/s	0.06244	rad/s
Heave acceleration	0.258	m ² /s ⁴	0.508	m/s ²	1.015	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00535	(rad/s/s) ²	0.07317	rad/s/s	0.14635	rad/s/s

e. Arr.Port

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.980	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,957	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7,865	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.367	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m ²	0.115	m	0.230	m
Roll motion	0.00043	rad ²	0.02075	rad	0.04150	rad
Pitch motion	0.00002	rad ²	0.00496	rad	0.00992	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.087	m/s	0.175	m/s
Roll velocity	0.00402	(rad/s) ²	0.06341	rad/s	0.12681	rad/s
Pitch velocity	0.00004	(rad/s) ²	0.00648	rad/s	0.01296	rad/s
Heave acceleration	0.007	m ² /s ⁴	0.083	m/s ²	0.165	m/s ²
Roll acceleration	0.04970	(rad/s/s) ²	0.22294	rad/s/s	0.44588	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00010	(rad/s/s) ²	0.00987	rad/s/s	0.01974	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.980	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9,957	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	7,865	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.426	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m ²	0.116	m	0.232	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00006	rad ²	0.00798	rad	0.01596	rad
Heave velocity	0.009	m ² /s ²	0.097	m/s	0.194	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00010	(rad/s) ²	0.01015	rad/s	0.02030	rad/s
Heave acceleration	0.010	m ² /s ⁴	0.099	m/s ²	0.199	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00029	(rad/s/s) ²	0.01690	rad/s/s	0.03379	rad/s/s

2. Konfigurasi kapal ikan katamaran dengan Layar

A. Dep. Port

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc.wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.382	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m ²	0.115	m	0.231	m
Roll motion	0.00031	rad ²	0.01769	rad	0.03538	rad
Pitch motion	0.00003	rad ²	0.00501	rad	0.01001	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.088	m/s	0.175	m/s
Roll velocity	0.00249	(rad/s) ²	0.04993	rad/s	0.09985	rad/s
Pitch velocity	0.00004	(rad/s) ²	0.00657	rad/s	0.01314	rad/s
Heave acceleration	0.007	m ² /s ⁴	0.083	m/s ²	0.166	m/s ²
Roll acceleration	0.02869	(rad/s/s) ²	0.16937	rad/s/s	0.33874	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00010	(rad/s/s) ²	0.01002	rad/s/s	0.02005	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m^3	Cata.		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.527	kN	--		--	
Heave motion	0.053	m^2	0.231	m	0.461	m
Roll motion	0.00125	rad^2	0.03538	rad	0.07076	rad
Pitch motion	0.00010	rad^2	0.01001	rad	0.02002	rad
Heave velocity	0.031	m^2/s^2	0.175	m/s	0.351	m/s
Roll velocity	0.00997	(rad/s)^2	0.09985	rad/s	0.19971	rad/s
Pitch velocity	0.00017	(rad/s)^2	0.01314	rad/s	0.02627	rad/s
Heave acceleration	0.027	m^2/s^4	0.166	m/s^2	0.331	m/s^2
Roll acceleration	0.11475	(rad/s/s)^2	0.33874	rad/s/s	0.67749	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00040	(rad/s/s)^2	0.02005	rad/s/s	0.04009	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.109	kN	--		--	
Heave motion	0.213	m^2	0.461	m	0.922	m
Roll motion	0.00501	rad^2	0.07076	rad	0.14151	rad
Pitch motion	0.00040	rad^2	0.02002	rad	0.04005	rad
Heave velocity	0.123	m^2/s^2	0.351	m/s	0.701	m/s
Roll velocity	0.03988	(rad/s)^2	0.19971	rad/s	0.39942	rad/s
Pitch velocity	0.00069	(rad/s)^2	0.02627	rad/s	0.05255	rad/s
Heave acceleration	0.110	m^2/s^4	0.331	m/s^2	0.663	m/s^2
Roll acceleration	0.45899	(rad/s/s)^2	0.67749	rad/s/s	1.35498	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00161	(rad/s/s)^2	0.04009	rad/s/s	0.08018	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc. wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	88.368	kN	--		--	
Heave motion	0.850	m^2	0.922	m	1.844	m
Roll motion	0.01997	rad^2	0.14132	rad	0.28264	rad
Pitch motion	0.00160	rad^2	0.04003	rad	0.08006	rad
Heave velocity	0.491	m^2/s^2	0.701	m/s	1.402	m/s
Roll velocity	0.15885	(rad/s)^2	0.39856	rad/s	0.79712	rad/s
Pitch velocity	0.00276	(rad/s)^2	0.05252	rad/s	0.10503	rad/s
Heave acceleration	0.439	m^2/s^4	0.662	m/s^2	1.324	m/s^2
Roll acceleration	1.82586	(rad/s/s)^2	1.35125	rad/s/s	2.70249	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00642	(rad/s/s)^2	0.08013	rad/s/s	0.16027	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.440	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m^2	0.116	m	0.233	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00006	rad^2	0.00798	rad	0.01596	rad
Heave velocity	0.009	m^2/s^2	0.097	m/s	0.195	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00010	(rad/s)^2	0.01019	rad/s	0.02037	rad/s
Heave acceleration	0.010	m^2/s^4	0.100	m/s^2	0.200	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00029	(rad/s/s)^2	0.01702	rad/s/s	0.03404	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m ³	Cata.		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc.wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.762	kN	--		--	
Heave motion	0.054	m ²	0.233	m	0.465	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00025	rad ²	0.01596	rad	0.03191	rad
Heave velocity	0.038	m ² /s ²	0.195	m/s	0.389	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00041	(rad/s) ²	0.02037	rad/s	0.04074	rad/s
Heave acceleration	0.040	m ² /s ⁴	0.200	m/s ²	0.400	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00116	(rad/s/s) ²	0.03404	rad/s/s	0.06808	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	23.048	kN	--		--	
Heave motion	0.217	m ²	0.465	m	0.931	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00102	rad ²	0.03191	rad	0.06383	rad
Heave velocity	0.151	m ² /s ²	0.389	m/s	0.778	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00166	(rad/s) ²	0.04074	rad/s	0.08149	rad/s
Heave acceleration	0.160	m ² /s ⁴	0.400	m/s ²	0.799	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00463	(rad/s/s) ²	0.06808	rad/s/s	0.13616	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	8.352	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	22.188	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc. wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	92.119	kN	--		--	
Heave motion	0.866	m^2	0.931	m	1.862	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00407	rad^2	0.06380	rad	0.12761	rad
Heave velocity	0.605	m^2/s^2	0.778	m/s	1.556	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00663	(rad/s)^2	0.08144	rad/s	0.16288	rad/s
Heave acceleration	0.639	m^2/s^4	0.799	m/s^2	1.598	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.01852	(rad/s/s)^2	0.13608	rad/s/s	0.27215	rad/s/s

B. Port-FG

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc.wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.398	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m ²	0.117	m	0.235	m
Roll motion	0.00045	rad ²	0.02119	rad	0.04238	rad
Pitch motion	0.00002	rad ²	0.00407	rad	0.00815	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.091	m/s	0.182	m/s
Roll velocity	0.00537	(rad/s) ²	0.07331	rad/s	0.14662	rad/s
Pitch velocity	0.00003	(rad/s) ²	0.00540	rad/s	0.01079	rad/s
Heave acceleration	0.008	m ² /s ⁴	0.089	m/s ²	0.177	m/s ²
Roll acceleration	0.08513	(rad/s/s) ²	0.29177	rad/s/s	0.58354	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00009	(rad/s/s) ²	0.00936	rad/s/s	0.01872	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc.wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.590	kN	--		--	
Heave motion	0.055	m ²	0.235	m	0.470	m
Roll motion	0.00180	rad ²	0.04238	rad	0.08476	rad
Pitch motion	0.00007	rad ²	0.00815	rad	0.01629	rad
Heave velocity	0.033	m ² /s ²	0.182	m/s	0.363	m/s
Roll velocity	0.02150	(rad/s) ²	0.14662	rad/s	0.29325	rad/s
Pitch velocity	0.00012	(rad/s) ²	0.01079	rad/s	0.02158	rad/s
Heave acceleration	0.031	m ² /s ⁴	0.177	m/s ²	0.354	m/s ²
Roll acceleration	0.34051	(rad/s/s) ²	0.58354	rad/s/s	1.16707	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00035	(rad/s/s) ²	0.01872	rad/s/s	0.03744	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.360	kN	--		--	
Heave motion	0.221	m ²	0.470	m	0.940	m
Roll motion	0.00718	rad ²	0.08476	rad	0.16953	rad
Pitch motion	0.00027	rad ²	0.01629	rad	0.03258	rad
Heave velocity	0.132	m ² /s ²	0.363	m/s	0.726	m/s
Roll velocity	0.08599	(rad/s) ²	0.29325	rad/s	0.58650	rad/s
Pitch velocity	0.00047	(rad/s) ²	0.02158	rad/s	0.04317	rad/s
Heave acceleration	0.126	m ² /s ⁴	0.354	m/s ²	0.709	m/s ²
Roll acceleration	1.36206	(rad/s/s) ²	1.16707	rad/s/s	2.33415	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00140	(rad/s/s) ²	0.03744	rad/s/s	0.07488	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m ²	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m ²	1.001	m	2.003	m
Added resistance	89.372	kN	--		--	
Heave motion	0.883	m ²	0.940	m	1.879	m
Roll motion	0.02863	rad ²	0.16920	rad	0.33841	rad
Pitch motion	0.00106	rad ²	0.03258	rad	0.06515	rad
Heave velocity	0.527	m ² /s ²	0.726	m/s	1.452	m/s
Roll velocity	0.34202	(rad/s) ²	0.58483	rad/s	1.16965	rad/s
Pitch velocity	0.00186	(rad/s) ²	0.04314	rad/s	0.08629	rad/s
Heave acceleration	0.502	m ² /s ⁴	0.708	m/s ²	1.416	m/s ²
Roll acceleration	5.41041	(rad/s/s) ²	2.32603	rad/s/s	4.65206	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00560	(rad/s/s) ²	0.07483	rad/s/s	0.14967	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	8.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	4.011	m ²	2.003	m	4.006	m
Enc.wave spectrum	4.011	m ²	2.003	m	4.006	m
Added resistance	357.767	kN	--		--	
Heave motion	3.531	m ²	1.879	m	3.758	m
Roll motion	0.11496	rad ²	0.33906	rad	0.67811	rad
Pitch motion	0.00425	rad ²	0.06516	rad	0.13033	rad
Heave velocity	2.109	m ² /s ²	1.452	m/s	2.904	m/s
Roll velocity	1.37592	(rad/s) ²	1.17299	rad/s	2.34599	rad/s
Pitch velocity	0.00745	(rad/s) ²	0.08633	rad/s	0.17267	rad/s
Heave acceleration	2.008	m ² /s ⁴	1.417	m/s ²	2.834	m/s ²
Roll acceleration	21.79295	(rad/s/s) ²	4.66829	rad/s/s	9.33659	rad/s/s
Pitch acceleration	0.02243	(rad/s/s) ²	0.14976	rad/s/s	0.29952	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc.wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.395	kN	--		--	
Heave motion	0.015	m ²	0.121	m	0.241	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00004	rad ²	0.00597	rad	0.01194	rad
Heave velocity	0.016	m ² /s ²	0.125	m/s	0.250	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00011	(rad/s) ²	0.01038	rad/s	0.02075	rad/s
Heave acceleration	0.029	m ² /s ⁴	0.170	m/s ²	0.341	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00060	(rad/s/s) ²	0.02454	rad/s/s	0.04907	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.580	kN	--		--	
Heave motion	0.058	m ²	0.241	m	0.482	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00014	rad ²	0.01194	rad	0.02388	rad
Heave velocity	0.063	m ² /s ²	0.250	m/s	0.500	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00043	(rad/s) ²	0.02075	rad/s	0.04151	rad/s
Heave acceleration	0.116	m ² /s ⁴	0.341	m/s ²	0.681	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00241	(rad/s/s) ²	0.04907	rad/s/s	0.09814	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.319	kN	--		--	
Heave motion	0.233	m ²	0.482	m	0.965	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00057	rad ²	0.02388	rad	0.04776	rad
Heave velocity	0.250	m ² /s ²	0.500	m/s	1.000	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00172	(rad/s) ²	0.04151	rad/s	0.08301	rad/s
Heave acceleration	0.464	m ² /s ⁴	0.681	m/s ²	1.362	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00963	(rad/s/s) ²	0.09814	rad/s/s	0.19629	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m ²	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m ²	1.001	m	2.003	m
Added resistance	89.208	kN	--		--	
Heave motion	0.931	m ²	0.965	m	1.930	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00228	rad ²	0.04774	rad	0.09548	rad
Heave velocity	1.000	m ² /s ²	1.000	m/s	2.000	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00688	(rad/s) ²	0.08297	rad/s	0.16593	rad/s
Heave acceleration	1.854	m ² /s ⁴	1.362	m/s ²	2.723	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.03848	(rad/s/s) ²	0.19617	rad/s/s	0.39234	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	8.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	4.011	m ²	2.003	m	4.006	m
Enc.wave spectrum	4.011	m ²	2.003	m	4.006	m
Added resistance	357.101	kN	--		--	
Heave motion	3.724	m ²	1.930	m	3.860	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00912	rad ²	0.09552	rad	0.19104	rad
Heave velocity	4.001	m ² /s ²	2.000	m/s	4.001	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.02756	(rad/s) ²	0.16603	rad/s	0.33205	rad/s
Heave acceleration	7.422	m ² /s ⁴	2.724	m/s ²	5.449	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.15412	(rad/s/s) ²	0.39258	rad/s/s	0.78515	rad/s/s

C. FG

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m ²	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.393	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m ²	0.114	m	0.229	m
Roll motion	0.00032	rad ²	0.01776	rad	0.03551	rad
Pitch motion	0.00002	rad ²	0.00457	rad	0.00913	rad
Heave velocity	0.008	m ² /s ²	0.087	m/s	0.175	m/s
Roll velocity	0.00270	(rad/s) ²	0.05198	rad/s	0.10396	rad/s
Pitch velocity	0.00004	(rad/s) ²	0.00618	rad/s	0.01236	rad/s
Heave acceleration	0.007	m ² /s ⁴	0.083	m/s ²	0.167	m/s ²
Roll acceleration	0.03357	(rad/s/s) ²	0.18322	rad/s/s	0.36644	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00010	(rad/s/s) ²	0.00984	rad/s/s	0.01968	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m ²	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.574	kN	--		--	
Heave motion	0.052	m ²	0.229	m	0.458	m
Roll motion	0.00126	rad ²	0.03551	rad	0.07102	rad
Pitch motion	0.00008	rad ²	0.00913	rad	0.01826	rad
Heave velocity	0.031	m ² /s ²	0.175	m/s	0.350	m/s
Roll velocity	0.01081	(rad/s) ²	0.10396	rad/s	0.20792	rad/s
Pitch velocity	0.00015	(rad/s) ²	0.01236	rad/s	0.02471	rad/s
Heave acceleration	0.028	m ² /s ⁴	0.167	m/s ²	0.333	m/s ²
Roll acceleration	0.13428	(rad/s/s) ²	0.36644	rad/s/s	0.73288	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00039	(rad/s/s) ²	0.01968	rad/s/s	0.03936	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.295	kN	--		--	
Heave motion	0.210	m^2	0.458	m	0.916	m
Roll motion	0.00504	rad^2	0.07102	rad	0.14205	rad
Pitch motion	0.00033	rad^2	0.01826	rad	0.03653	rad
Heave velocity	0.122	m^2/s^2	0.350	m/s	0.699	m/s
Roll velocity	0.04323	(rad/s)^2	0.20792	rad/s	0.41584	rad/s
Pitch velocity	0.00061	(rad/s)^2	0.02471	rad/s	0.04943	rad/s
Heave acceleration	0.111	m^2/s^4	0.333	m/s^2	0.666	m/s^2
Roll acceleration	0.53711	(rad/s/s)^2	0.73288	rad/s/s	1.46576	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00155	(rad/s/s)^2	0.03936	rad/s/s	0.07872	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	89.112	kN	--		--	
Heave motion	0.839	m^2	0.916	m	1.832	m
Roll motion	0.02012	rad^2	0.14185	rad	0.28370	rad
Pitch motion	0.00133	rad^2	0.03651	rad	0.07302	rad
Heave velocity	0.489	m^2/s^2	0.699	m/s	1.398	m/s
Roll velocity	0.17215	(rad/s)^2	0.41491	rad/s	0.82982	rad/s
Pitch velocity	0.00244	(rad/s)^2	0.04940	rad/s	0.09879	rad/s
Heave acceleration	0.444	m^2/s^4	0.666	m/s^2	1.332	m/s^2
Roll acceleration	2.13617	(rad/s/s)^2	1.46157	rad/s/s	2.92313	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00619	(rad/s/s)^2	0.07867	rad/s/s	0.15735	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	8.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Enc.wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Added resistance	356.727	kN	--		--	
Heave motion	3.355	m^2	1.832	m	3.663	m
Roll motion	0.08071	rad^2	0.28410	rad	0.56819	rad
Pitch motion	0.00534	rad^2	0.07305	rad	0.14611	rad
Heave velocity	1.957	m^2/s^2	1.399	m/s	2.798	m/s
Roll velocity	0.69169	(rad/s)^2	0.83168	rad/s	1.66336	rad/s
Pitch velocity	0.00977	(rad/s)^2	0.09885	rad/s	0.19770	rad/s
Heave acceleration	1.777	m^2/s^4	1.333	m/s^2	2.666	m/s^2
Roll acceleration	8.59382	(rad/s/s)^2	2.93152	rad/s/s	5.86304	rad/s/s
Pitch acceleration	0.02479	(rad/s/s)^2	0.15745	rad/s/s	0.31489	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.432	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m^2	0.118	m	0.235	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00005	rad^2	0.00733	rad	0.01466	rad
Heave velocity	0.011	m^2/s^2	0.106	m/s	0.211	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00011	(rad/s)^2	0.01026	rad/s	0.02052	rad/s
Heave acceleration	0.014	m^2/s^4	0.120	m/s^2	0.239	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00037	(rad/s/s)^2	0.01932	rad/s/s	0.03864	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.726	kN	--		--	
Heave motion	0.055	m^2	0.235	m	0.470	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00021	rad^2	0.01466	rad	0.02932	rad
Heave velocity	0.045	m^2/s^2	0.211	m/s	0.423	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00042	(rad/s)^2	0.02052	rad/s	0.04104	rad/s
Heave acceleration	0.057	m^2/s^4	0.239	m/s^2	0.478	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00149	(rad/s/s)^2	0.03864	rad/s/s	0.07728	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.906	kN	--		--	
Heave motion	0.221	m^2	0.470	m	0.941	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00086	rad^2	0.02932	rad	0.05864	rad
Heave velocity	0.179	m^2/s^2	0.423	m/s	0.845	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00168	(rad/s)^2	0.04104	rad/s	0.08208	rad/s
Heave acceleration	0.229	m^2/s^4	0.478	m/s^2	0.957	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00597	(rad/s/s)^2	0.07728	rad/s/s	0.15455	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	91.551	kN	--		--	
Heave motion	0.885	m^2	0.941	m	1.882	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00344	rad^2	0.05862	rad	0.11723	rad
Heave velocity	0.714	m^2/s^2	0.845	m/s	1.690	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00673	(rad/s)^2	0.08203	rad/s	0.16407	rad/s
Heave acceleration	0.914	m^2/s^4	0.956	m/s^2	1.913	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.02386	(rad/s/s)^2	0.15446	rad/s/s	0.30892	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	8.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	7.000	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Enc.wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Added resistance	366.490	kN	--		--	
Heave motion	3.540	m^2	1.882	m	3.763	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.01375	rad^2	0.11728	rad	0.23455	rad
Heave velocity	2.858	m^2/s^2	1.690	m/s	3.381	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.02695	(rad/s)^2	0.16416	rad/s	0.32831	rad/s
Heave acceleration	3.661	m^2/s^4	1.913	m/s^2	3.827	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.09554	(rad/s/s)^2	0.30910	rad/s/s	0.61820	rad/s/s

D. FG-Port

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Enc. wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.398	kN	--		--	
Heave motion	0.014	m^2	0.117	m	0.235	m
Roll motion	0.00045	rad^2	0.02119	rad	0.04238	rad
Pitch motion	0.00002	rad^2	0.00407	rad	0.00815	rad
Heave velocity	0.008	m^2/s^2	0.091	m/s	0.182	m/s
Roll velocity	0.00537	(rad/s)^2	0.07331	rad/s	0.14662	rad/s
Pitch velocity	0.00003	(rad/s)^2	0.00540	rad/s	0.01079	rad/s
Heave acceleration	0.008	m^2/s^4	0.089	m/s^2	0.177	m/s^2
Roll acceleration	0.08513	(rad/s/s)^2	0.29177	rad/s/s	0.58354	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00009	(rad/s/s)^2	0.00936	rad/s/s	0.01872	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Enc.wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.590	kN	--		--	
Heave motion	0.055	m^2	0.235	m	0.470	m
Roll motion	0.00180	rad^2	0.04238	rad	0.08476	rad
Pitch motion	0.00007	rad^2	0.00815	rad	0.01629	rad
Heave velocity	0.033	m^2/s^2	0.182	m/s	0.363	m/s
Roll velocity	0.02150	(rad/s)^2	0.14662	rad/s	0.29325	rad/s
Pitch velocity	0.00012	(rad/s)^2	0.01079	rad/s	0.02158	rad/s
Heave acceleration	0.031	m^2/s^4	0.177	m/s^2	0.354	m/s^2
Roll acceleration	0.34051	(rad/s/s)^2	0.58354	rad/s/s	1.16707	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00035	(rad/s/s)^2	0.01872	rad/s/s	0.03744	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.360	kN	--		--	
Heave motion	0.221	m ²	0.470	m	0.940	m
Roll motion	0.00718	rad ²	0.08476	rad	0.16953	rad
Pitch motion	0.00027	rad ²	0.01629	rad	0.03258	rad
Heave velocity	0.132	m ² /s ²	0.363	m/s	0.726	m/s
Roll velocity	0.08599	(rad/s) ²	0.29325	rad/s	0.58650	rad/s
Pitch velocity	0.00047	(rad/s) ²	0.02158	rad/s	0.04317	rad/s
Heave acceleration	0.126	m ² /s ⁴	0.354	m/s ²	0.709	m/s ²
Roll acceleration	1.36206	(rad/s/s) ²	1.16707	rad/s/s	2.33415	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00140	(rad/s/s) ²	0.03744	rad/s/s	0.07488	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m ²	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m ²	1.001	m	2.003	m
Added resistance	89.372	kN	--		--	
Heave motion	0.883	m ²	0.940	m	1.879	m
Roll motion	0.02863	rad ²	0.16920	rad	0.33841	rad
Pitch motion	0.00106	rad ²	0.03258	rad	0.06515	rad
Heave velocity	0.527	m ² /s ²	0.726	m/s	1.452	m/s
Roll velocity	0.34202	(rad/s) ²	0.58483	rad/s	1.16965	rad/s
Pitch velocity	0.00186	(rad/s) ²	0.04314	rad/s	0.08629	rad/s
Heave acceleration	0.502	m ² /s ⁴	0.708	m/s ²	1.416	m/s ²
Roll acceleration	5.41041	(rad/s/s) ²	2.32603	rad/s/s	4.65206	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00560	(rad/s/s) ²	0.07483	rad/s/s	0.14967	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	8.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Enc.wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Added resistance	357.767	kN	--		--	
Heave motion	3.531	m^2	1.879	m	3.758	m
Roll motion	0.11496	rad^2	0.33906	rad	0.67811	rad
Pitch motion	0.00425	rad^2	0.06516	rad	0.13033	rad
Heave velocity	2.109	m^2/s^2	1.452	m/s	2.904	m/s
Roll velocity	1.37592	(rad/s)^2	1.17299	rad/s	2.34599	rad/s
Pitch velocity	0.00745	(rad/s)^2	0.08633	rad/s	0.17267	rad/s
Heave acceleration	2.008	m^2/s^4	1.417	m/s^2	2.834	m/s^2
Roll acceleration	21.79295	(rad/s/s)^2	4.66829	rad/s/s	9.33659	rad/s/s
Pitch acceleration	0.02243	(rad/s/s)^2	0.14976	rad/s/s	0.29952	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Enc.wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.395	kN	--		--	
Heave motion	0.015	m^2	0.121	m	0.241	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00004	rad^2	0.00597	rad	0.01194	rad
Heave velocity	0.016	m^2/s^2	0.125	m/s	0.250	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00011	(rad/s)^2	0.01038	rad/s	0.02075	rad/s
Heave acceleration	0.029	m^2/s^4	0.170	m/s^2	0.341	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00060	(rad/s/s)^2	0.02454	rad/s/s	0.04907	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Enc. wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.580	kN	--		--	
Heave motion	0.058	m^2	0.241	m	0.482	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00014	rad^2	0.01194	rad	0.02388	rad
Heave velocity	0.063	m^2/s^2	0.250	m/s	0.500	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00043	(rad/s)^2	0.02075	rad/s	0.04151	rad/s
Heave acceleration	0.116	m^2/s^4	0.341	m/s^2	0.681	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00241	(rad/s/s)^2	0.04907	rad/s/s	0.09814	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Enc.wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.319	kN	--		--	
Heave motion	0.233	m^2	0.482	m	0.965	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00057	rad^2	0.02388	rad	0.04776	rad
Heave velocity	0.250	m^2/s^2	0.500	m/s	1.000	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00172	(rad/s)^2	0.04151	rad/s	0.08301	rad/s
Heave acceleration	0.464	m^2/s^4	0.681	m/s^2	1.362	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00963	(rad/s/s)^2	0.09814	rad/s/s	0.19629	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	89.208	kN	--		--	
Heave motion	0.931	m^2	0.965	m	1.930	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00228	rad^2	0.04774	rad	0.09548	rad
Heave velocity	1.000	m^2/s^2	1.000	m/s	2.000	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00688	(rad/s)^2	0.08297	rad/s	0.16593	rad/s
Heave acceleration	1.854	m^2/s^4	1.362	m/s^2	2.723	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.03848	(rad/s/s)^2	0.19617	rad/s/s	0.39234	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	8.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	9.800	kn	--		--	
Vessel displacement	7.846	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	23.568	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Enc.wave spectrum	4.011	m^2	2.003	m	4.006	m
Added resistance	357.101	kN	--		--	
Heave motion	3.724	m^2	1.930	m	3.860	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00912	rad^2	0.09552	rad	0.19104	rad
Heave velocity	4.001	m^2/s^2	2.000	m/s	4.001	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.02756	(rad/s)^2	0.16603	rad/s	0.33205	rad/s
Heave acceleration	7.422	m^2/s^4	2.724	m/s^2	5.449	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.15412	(rad/s/s)^2	0.39258	rad/s/s	0.78515	rad/s/s

E. Arr. port

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Enc.wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.362	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m^2	0.115	m	0.230	m
Roll motion	0.00043	rad^2	0.02065	rad	0.04130	rad
Pitch motion	0.00002	rad^2	0.00496	rad	0.00992	rad
Heave velocity	0.008	m^2/s^2	0.087	m/s	0.175	m/s
Roll velocity	0.00396	(rad/s)^2	0.06296	rad/s	0.12591	rad/s
Pitch velocity	0.00004	(rad/s)^2	0.00648	rad/s	0.01295	rad/s
Heave acceleration	0.007	m^2/s^4	0.082	m/s^2	0.165	m/s^2
Roll acceleration	0.04885	(rad/s/s)^2	0.22102	rad/s/s	0.44204	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00010	(rad/s/s)^2	0.00987	rad/s/s	0.01973	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Enc.wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.448	kN	--		--	
Heave motion	0.053	m^2	0.230	m	0.460	m
Roll motion	0.00171	rad^2	0.04130	rad	0.08259	rad
Pitch motion	0.00010	rad^2	0.00992	rad	0.01984	rad
Heave velocity	0.031	m^2/s^2	0.175	m/s	0.350	m/s
Roll velocity	0.01585	(rad/s)^2	0.12591	rad/s	0.25183	rad/s
Pitch velocity	0.00017	(rad/s)^2	0.01295	rad/s	0.02591	rad/s
Heave acceleration	0.027	m^2/s^4	0.165	m/s^2	0.330	m/s^2
Roll acceleration	0.19540	(rad/s/s)^2	0.44204	rad/s/s	0.88407	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00039	(rad/s/s)^2	0.01973	rad/s/s	0.03947	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Enc. wave spectrum	0.251	m^2	0.501	m	1.001	m
Added resistance	21.793	kN	--		--	
Heave motion	0.212	m^2	0.460	m	0.921	m
Roll motion	0.00682	rad^2	0.08259	rad	0.16519	rad
Pitch motion	0.00039	rad^2	0.01984	rad	0.03968	rad
Heave velocity	0.122	m^2/s^2	0.350	m/s	0.699	m/s
Roll velocity	0.06342	(rad/s)^2	0.25183	rad/s	0.50366	rad/s
Pitch velocity	0.00067	(rad/s)^2	0.02591	rad/s	0.05181	rad/s
Heave acceleration	0.109	m^2/s^4	0.330	m/s^2	0.659	m/s^2
Roll acceleration	0.78158	(rad/s/s)^2	0.88407	rad/s/s	1.76814	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00156	(rad/s/s)^2	0.03947	rad/s/s	0.07894	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	1.670	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	87.106	kN	--		--	
Heave motion	0.848	m^2	0.921	m	1.842	m
Roll motion	0.02719	rad^2	0.16490	rad	0.32980	rad
Pitch motion	0.00157	rad^2	0.03966	rad	0.07931	rad
Heave velocity	0.489	m^2/s^2	0.699	m/s	1.398	m/s
Roll velocity	0.25234	(rad/s)^2	0.50233	rad/s	1.00466	rad/s
Pitch velocity	0.00268	(rad/s)^2	0.05179	rad/s	0.10357	rad/s
Heave acceleration	0.434	m^2/s^4	0.659	m/s^2	1.318	m/s^2
Roll acceleration	3.10615	(rad/s/s)^2	1.76243	rad/s/s	3.52485	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00622	(rad/s/s)^2	0.07889	rad/s/s	0.15778	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	0.500	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Enc.wave spectrum	0.016	m^2	0.125	m	0.250	m
Added resistance	1.421	kN	--		--	
Heave motion	0.013	m^2	0.116	m	0.232	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00006	rad^2	0.00797	rad	0.01595	rad
Heave velocity	0.009	m^2/s^2	0.097	m/s	0.194	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00010	(rad/s)^2	0.01014	rad/s	0.02028	rad/s
Heave acceleration	0.010	m^2/s^4	0.099	m/s^2	0.199	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00028	(rad/s/s)^2	0.01688	rad/s/s	0.03376	rad/s/s

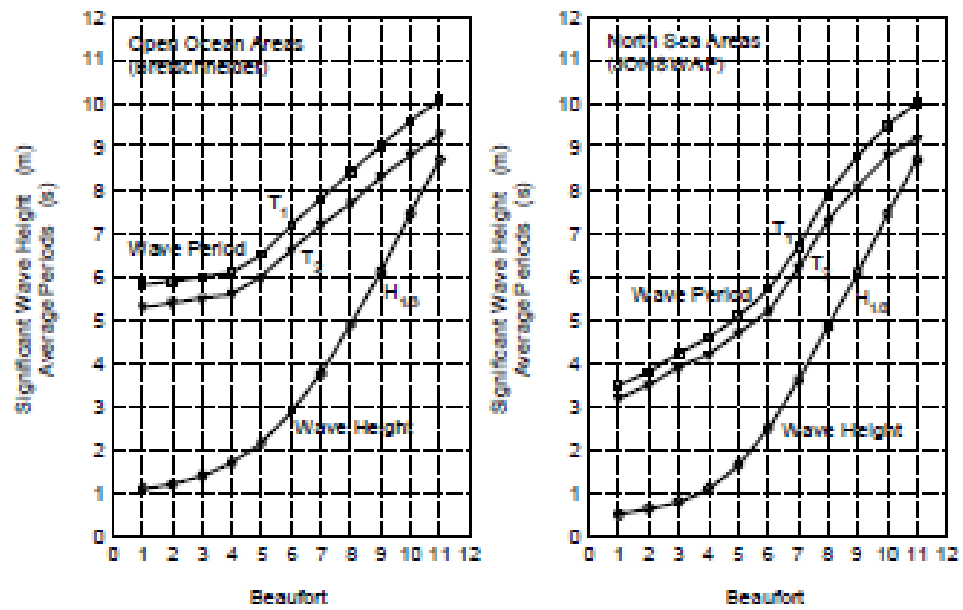
Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	1.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Enc.wave spectrum	0.063	m^2	0.250	m	0.501	m
Added resistance	5.685	kN	--		--	
Heave motion	0.054	m^2	0.232	m	0.465	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00025	rad^2	0.01595	rad	0.03190	rad
Heave velocity	0.038	m^2/s^2	0.194	m/s	0.388	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00041	(rad/s)^2	0.02028	rad/s	0.04056	rad/s
Heave acceleration	0.039	m^2/s^4	0.199	m/s^2	0.397	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00114	(rad/s/s)^2	0.03376	rad/s/s	0.06752	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.988	s	--		--	
Characteristic wave height	2.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m ³	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit. wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Enc. wave spectrum	0.251	m ²	0.501	m	1.001	m
Added resistance	22.738	kN	--		--	
Heave motion	0.216	m ²	0.465	m	0.929	m
Roll motion	0.00000	rad ²	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00102	rad ²	0.03190	rad	0.06380	rad
Heave velocity	0.150	m ² /s ²	0.388	m/s	0.776	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s) ²	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00165	(rad/s) ²	0.04056	rad/s	0.08112	rad/s
Heave acceleration	0.158	m ² /s ⁴	0.397	m/s ²	0.795	m/s ²
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s) ²	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.00456	(rad/s/s) ²	0.06752	rad/s/s	0.13503	rad/s/s

Item	m0	units	RMS	units	Significant amplitude	units
Modal period	9.992	s	--		--	
Characteristic wave height	4.000	m	--		--	
Spectrum type	JONSWAP		--		--	
Wave heading	3.142	rad	--		--	
Vessel Speed	3.000	kn	--		--	
Vessel displacement	9.734	m^3	Cata		--	
Vessel GMt	19.307	m	--		--	
Wave force method	Arbit.wave heading		--		--	
Added res. method	Salvesen		--		--	
Pitch gyradius	4.189	m	--		--	
Roll gyradius	2.847	m	--		--	
Wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Enc.wave spectrum	1.003	m^2	1.001	m	2.003	m
Added resistance	90.881	kN	--		--	
Heave motion	0.863	m^2	0.929	m	1.858	m
Roll motion	0.00000	rad^2	0.00000	rad	0.00000	rad
Pitch motion	0.00407	rad^2	0.06377	rad	0.12755	rad
Heave velocity	0.601	m^2/s^2	0.775	m/s	1.551	m/s
Roll velocity	0.00000	(rad/s)^2	0.00000	rad/s	0.00000	rad/s
Pitch velocity	0.00657	(rad/s)^2	0.08108	rad/s	0.16216	rad/s
Heave acceleration	0.631	m^2/s^4	0.794	m/s^2	1.589	m/s^2
Roll acceleration	0.00000	(rad/s/s)^2	0.00000	rad/s/s	0.00000	rad/s/s
Pitch acceleration	0.01821	(rad/s/s)^2	0.13495	rad/s/s	0.26991	rad/s/s

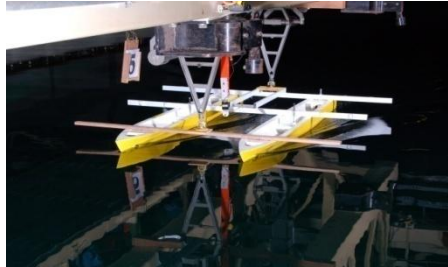


Gambar 9.29. Hubungan Sea state dengan Beaufort Number



Gambar 9.30. Estimasi parameter Wave Spectrum

III. Pengujian Hambatan Model Lambung katamaran melalui eksperimen di kolam uji hidrodinamika yang dilakukan oleh Utama pada tahun 2010.



Gambar 9.31. Pengujian Hambatan Model Lambung katamaran
(*Resistance Test of Catamaran Model*)

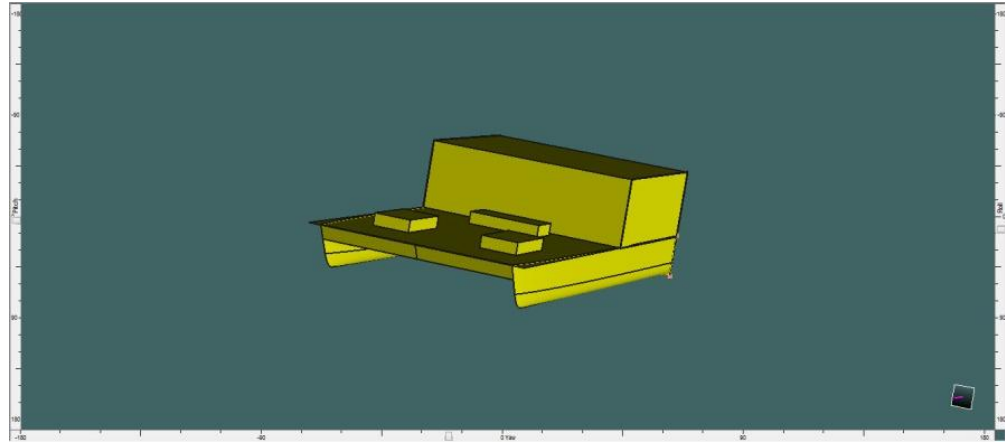
Tabel 9.42. Ukuran Kapal Lambung katamaran
(*Main Dimension of Catamaran*)

Parameter	<i>Catamaran</i>	<i>Demihull</i>
LWL (m)	14.5	14.5
B (m)	7.118	1.318
H (m)	1.44	1.44
D (m)	0.694	0.694
C_B	0.434	0.434
Displ. (ton)	11.8	5.9

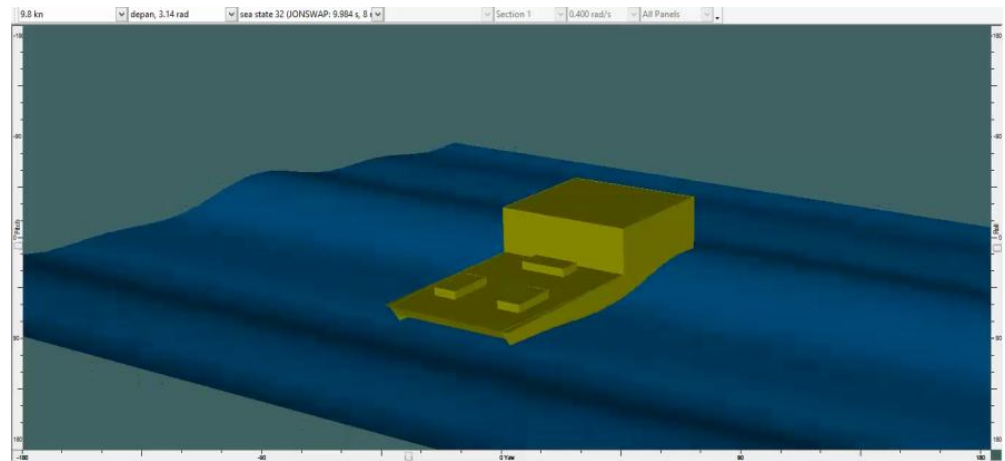
Tabel 9.43. Hambatan Lambung Kapal Katamaran
(*Catamaran Resistance*)

Run Number	V (knots)	Fr	Catamaran Resistances (kN)		
			S/L=0.2	S/L=0.3	S/L=0.4
1	5.788	0.250	1.821	1.659	1.659
2	6.218	0.268	2.141	1.851	2.061
3	6.677	0.288	2.443	2.239	2.348
4	7.051	0.304	2.852	2.678	2.947
5	7.560	0.326	3.460	3.568	3.547
6	8.032	0.347	4.467	3.954	3.766
7	8.384	0.362	4.844	4.345	4.341
8	8.818	0.380	5.149	4.790	4.662
9	9.233	0.398	5.807	5.592	5.515
10	9.813	0.423	7.101	6.448	6.138

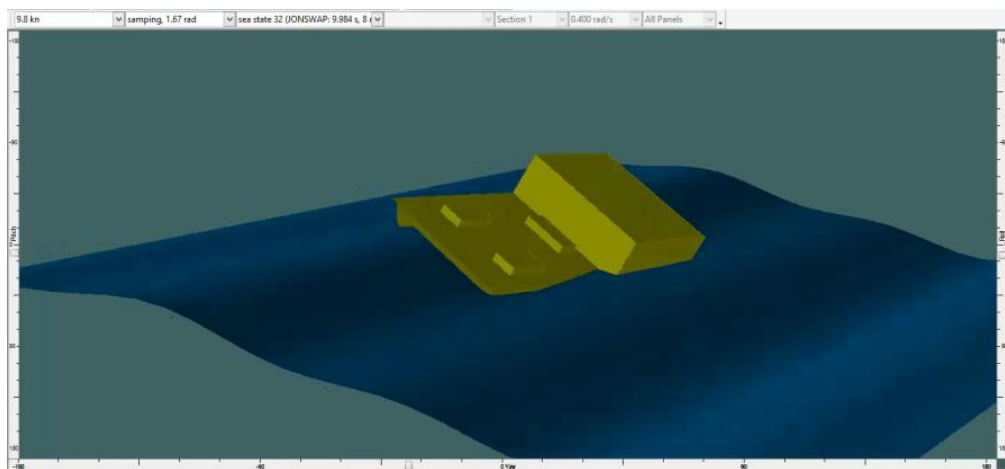
IV. Simulasi



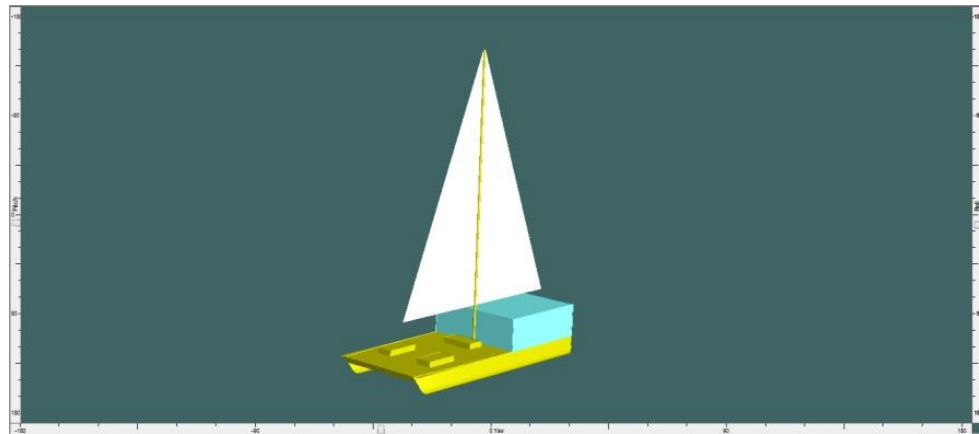
Gambar 9.32. Model kapal ikan katamaran tanpa layar (K1, K2, K4)



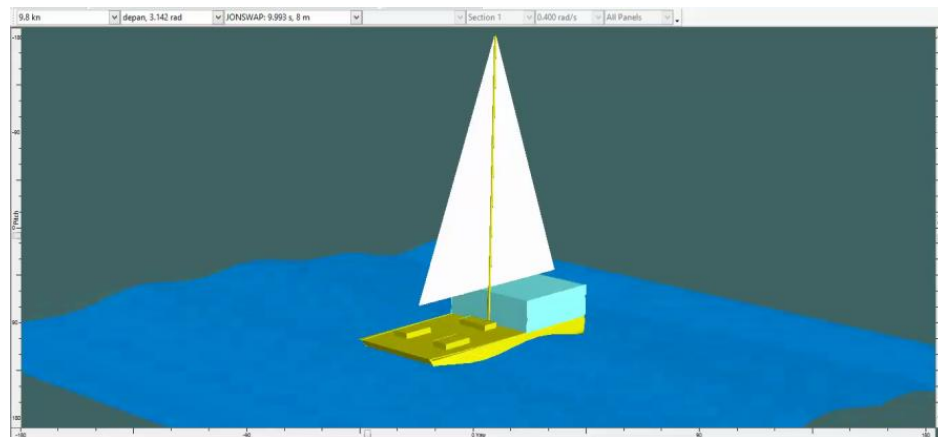
Gambar 9.33. Simulasi operasional kapal saat mengalami *head seas* h gel. 8 m



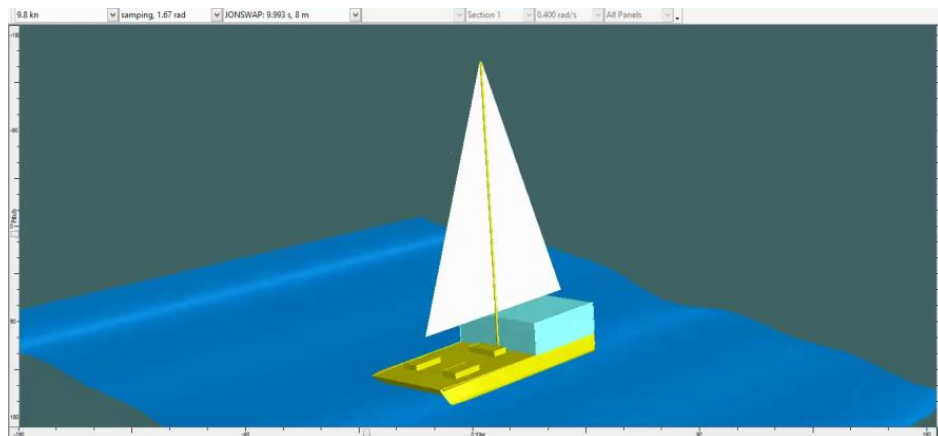
Gambar 9.34. Simulasi operasional kapal saat mengalami *beam seas* h gel. 8 m



Gambar 9.35. Model kapal ikan katamaran dengan layar (K3, K5, K6, K7, K8)



Gambar 9.36. Simulasi operasional kapal saat mengalami *head seas* h gel. 8 m



Gambar 9.37. Simulasi operasional kapal saat mengalami *beam seas* h gel. 8 m

LAMPIRAN 3: RIWAYAT PENULIS

Nama : Pramudya Imawan Santosa
TTL : Surabaya, 20 Oktober 1962
Status : Kawin / 3 anak
Alamat : Jl. Cendrawasih 3/20, Rewwin - Waru (61256).
Pekerjaan : Dosen

Riwayat Pendidikan :

1968 lulus TK
1974 lulus SD
1977 lulus SMP
1981 lulus SMA
1985 lulus D3 Teknik Perkapalan
1992 lulus S1 Teknik Perkapalan
2011 lulus S2 Teknik Industri
2015 lulus S3 Teknik Perkapalan (Kandidat Dr.)
2016 lulus S3 Teknik Perkapalan (Ujian Tertutup Dr.)

Riwayat Pekerjaan :

1985 - 1986 HUFFCO
1987 - 2008 PT PAL
2008 - 2009 MMHE
2009 - Skg ITATS